

INGEGNERIA IDRAULICA E SICUREZZA DEL TERRITORIO.

DALLA PIANIFICAZIONE ALLE OPERE

***Nuove tecnologie per la progettazione e
la realizzazione di impianti di
sollevamento con pompe sommergibili -
casi applicativi***

- **Impianto di sollevamento porte Vinciane Cesenatico**
- **Modelli idraulici per la corretta progettazione degli impianti e degli interventi**
- **Esempi di applicazioni avanzate:**
 - **Applicazione del CFD nella realizzazione di un revamping d'impianto**
 - **Impianti con sistemi automatici per la pulizia della parte aspirante**
 - **Impianti con innesco sifone a quote elevate**

Continuiamo la nostra storia di innovazione ed integrazione

Prima pompa sommersibile



1948

Prima pompa sommersibile per fognatura con piede di accoppiamento



1956

Prima pompa sommersibile ad elica assiale

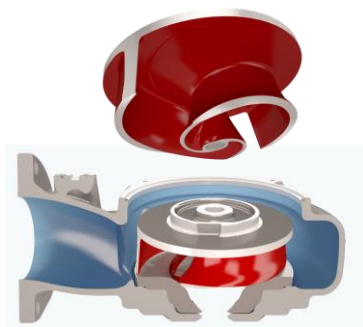


Giranti Neva Clog



1980

Giranti N



1997

SmartRun®



2011



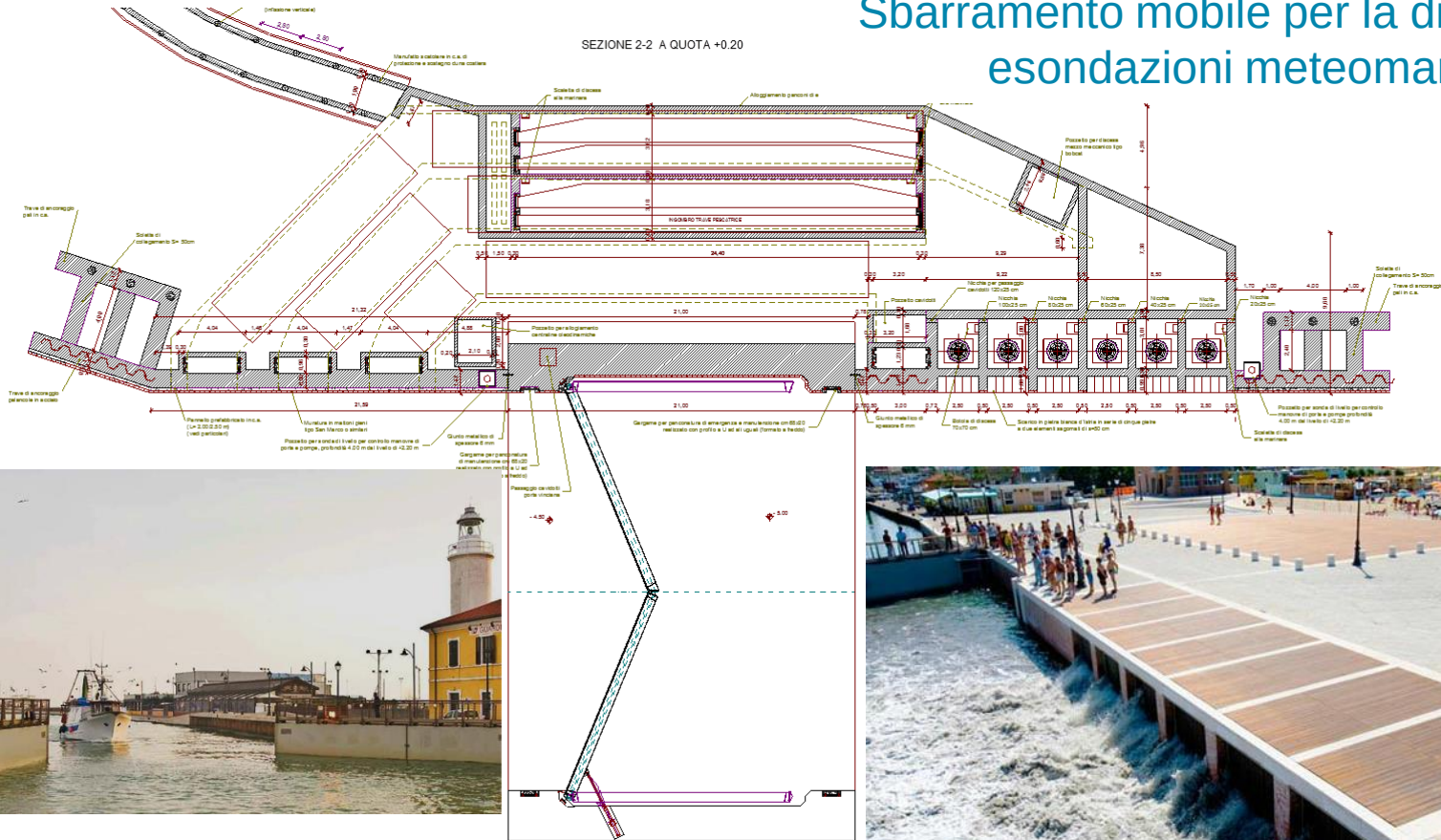
CONCERTOR

2016

Flygt è sempre stata una precorritrice nel settore, prediligendo nella propria attività R&D, innovazione, supporto tecnico alla clientela per lo studio e la progettazione degli impianti

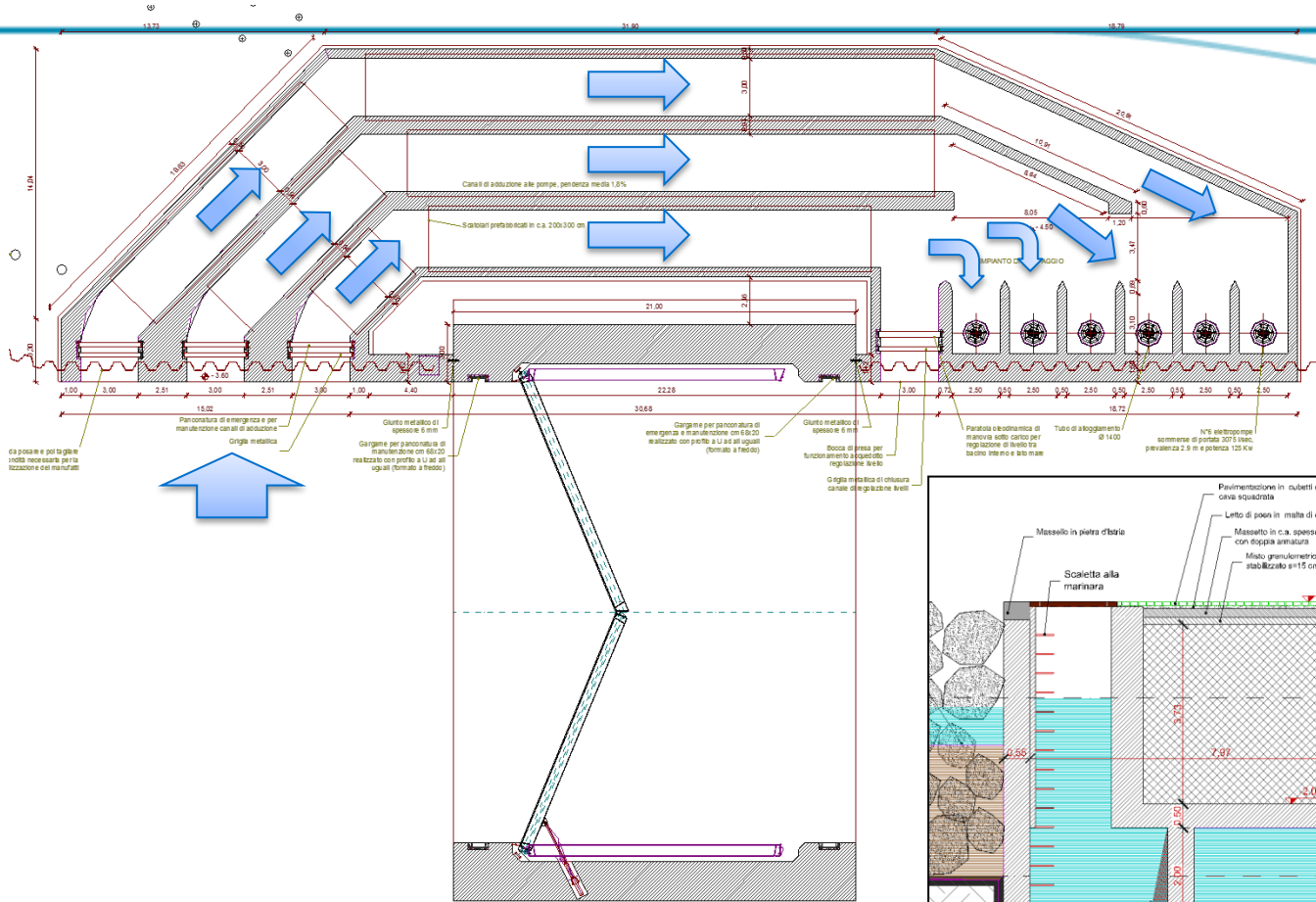
Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Sbarramento mobile per la difesa dalle esondazioni meteomarine

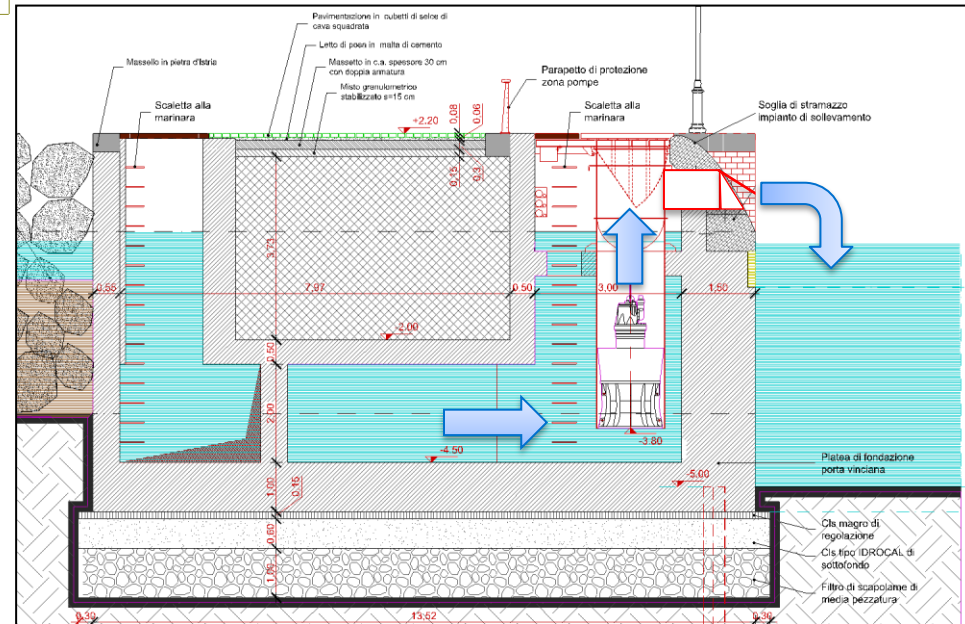


Impianto realizzato cercando di ottimizzare al massimo il sistema di sbarramento e pompaggio, cercando di rispettare i numerosi vincoli ambientali e burocratici esistenti per l'area.

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

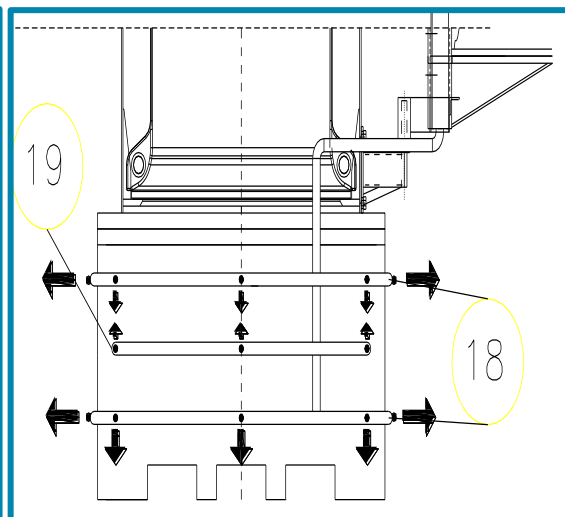
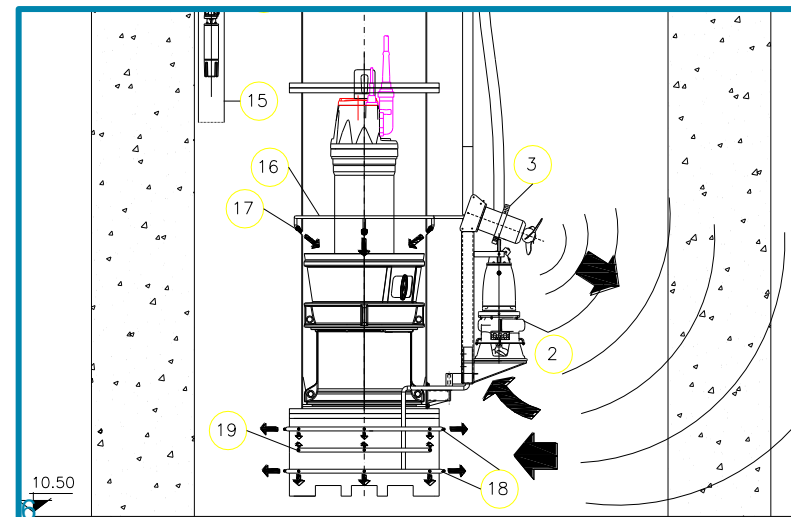
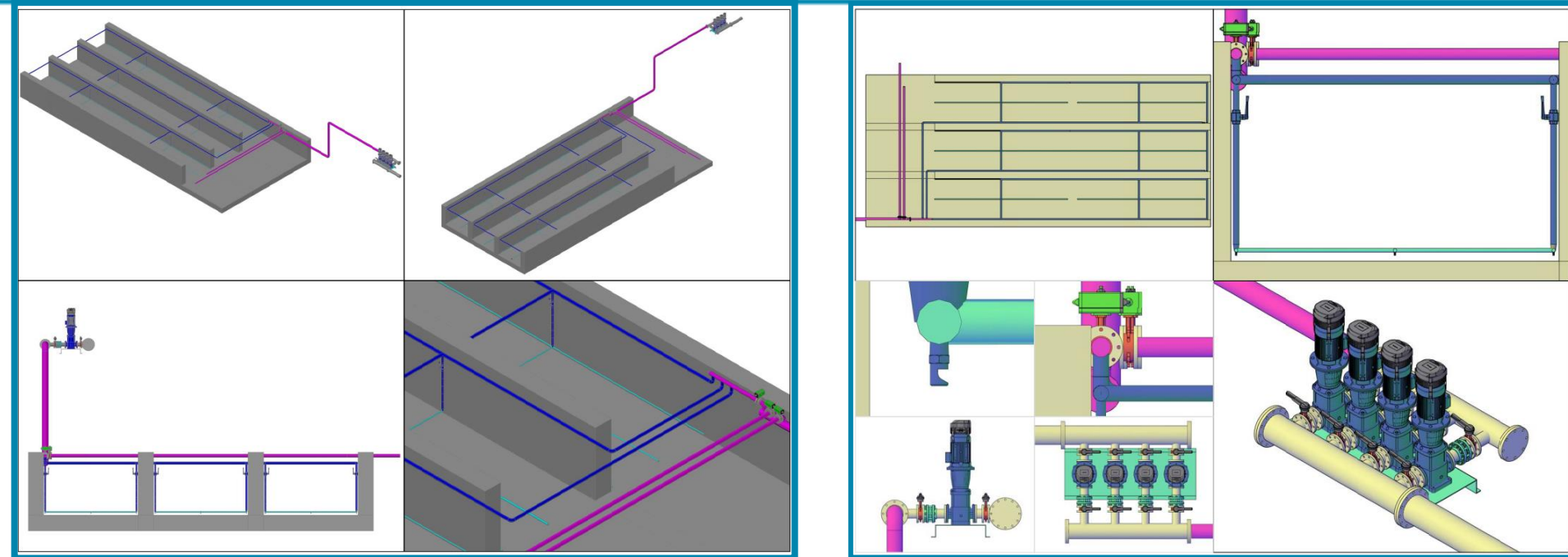


PL 7115/835 da 125 kW



Il funzionamento saltuario, genera una richiesta di manutenzione per la grande presenza di sabbia e detriti all'interno dei canali di afflusso data l'impossibilità di inserire uno sgrigliatore in entrata

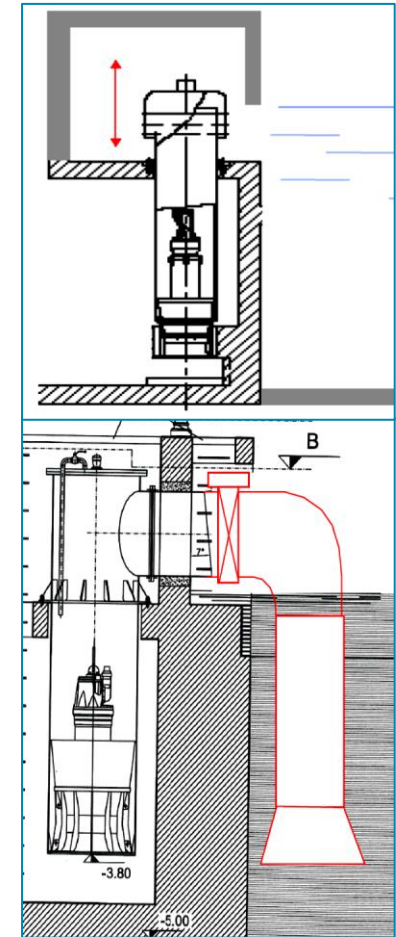
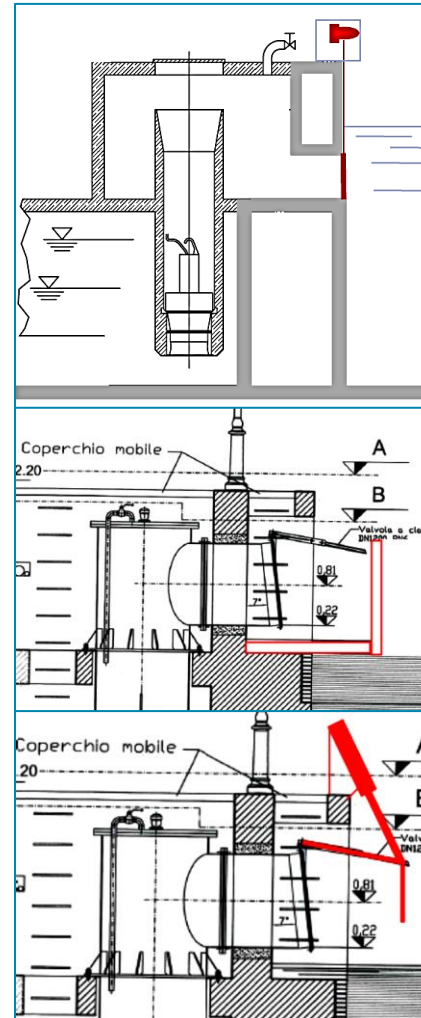
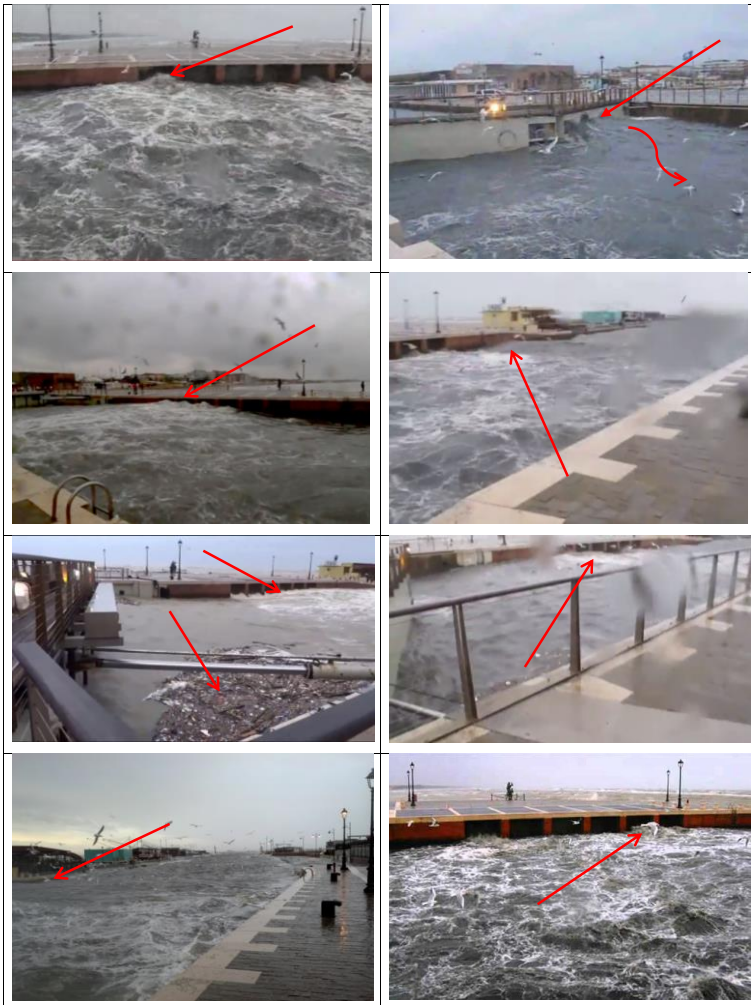
Impianto Porte Vinciane Cesenatico



Migliorativi proposti per
un migliore
funzionamento e
gestione dell'impianto

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Migliorativi proposti per un migliore funzionamento e gestione dell'impianto
Protezione delle mandate delle pompe



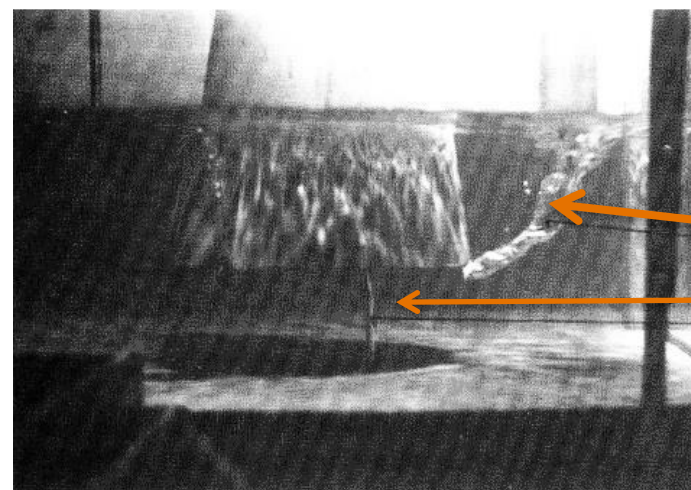
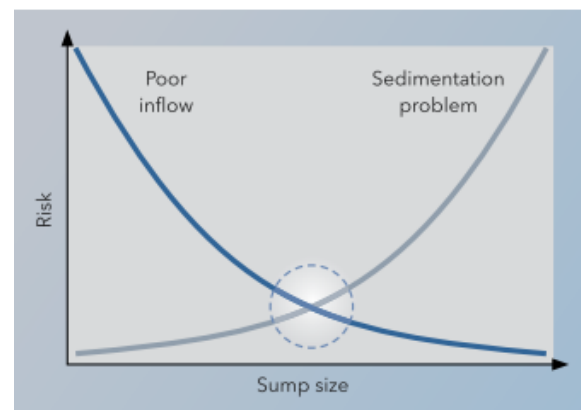
Modelli Idraulici

Lo studio e la simulazione a priori del comportamento dei sistemi di pompaggio, può agevolare enormemente sia il funzionamento che la gestione degli impianti stessi, ed evitare anche grosse problematiche alle macchine, oltre ad ottimizzare i consumi energetici.

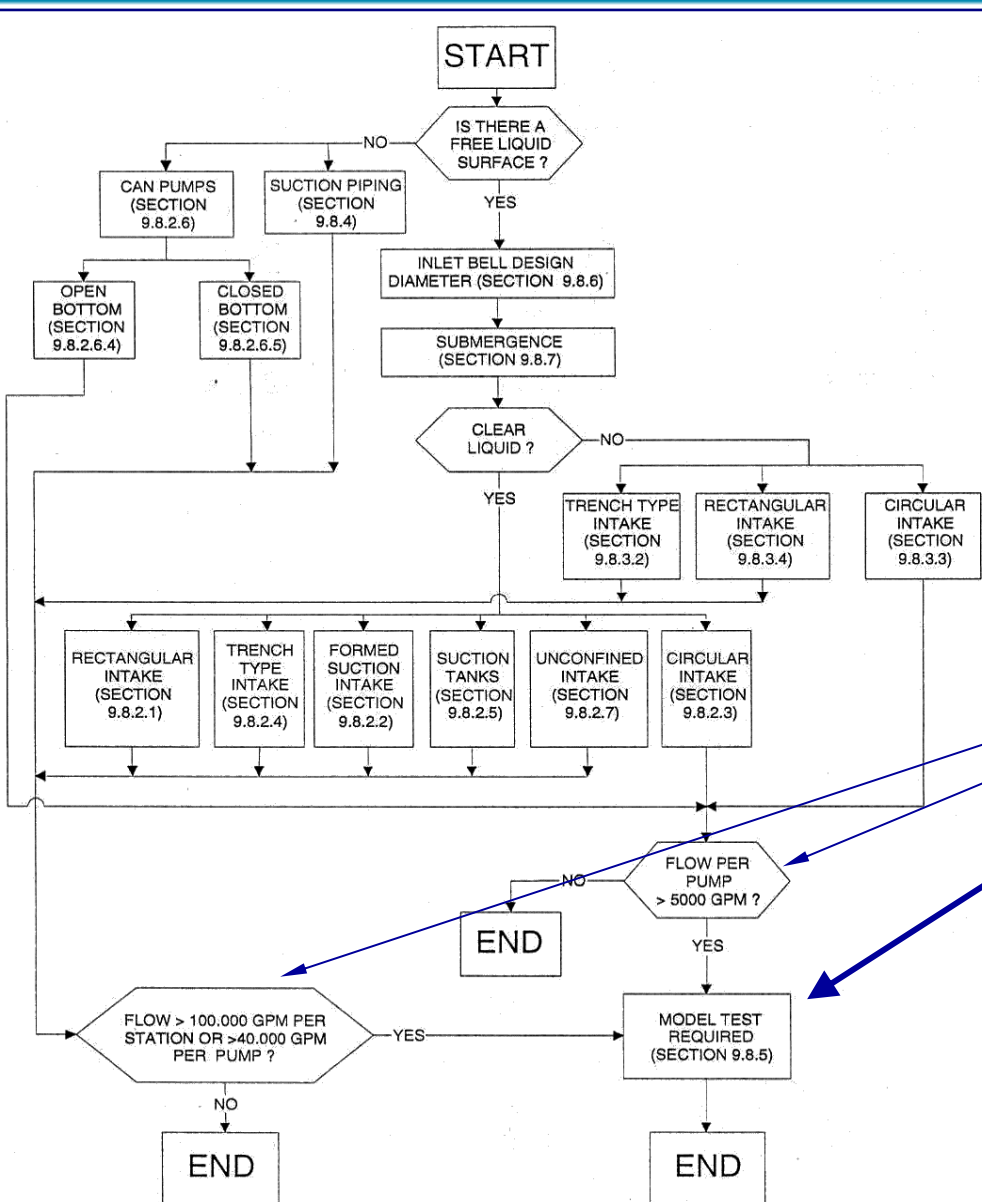
A livello progettuale si deve innanzitutto valutare le pompe non sono un accessorio delle opere civili, ma bensì l'esatto contrario.

Si devono perciò analizzare in modo appropriato tutte le condizioni operative dei sistemi di pompaggio ed i flussi di alimentazione, in modo da evitare che forme di vasca non accordate correttamente alle camere pompe o ai canali in afflusso possano generare differenze di velocità, vortici, depositi ecc. che rendano problematico il funzionamento delle macchine.

Un errore o un malfunzionamento sulle pompe, per quanto problematico può essere risolto adattando le macchine, una forma o un muro «sbagliato» difficilmente può essere modificato.



Procedure progettuali secondo Hydraulic Institute-American STD

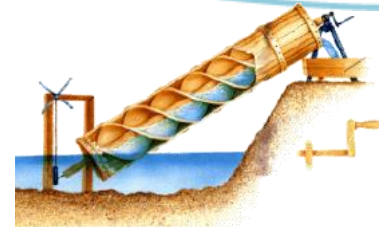
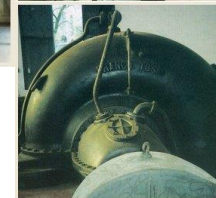
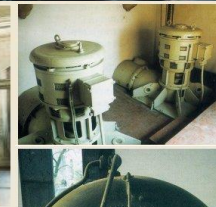


Nelle aree anglosassoni, spesso sono adottate normativa come l'**American National Standard for Pump Intake Design**, dove viene prescritta la realizzazione di modelli idraulici ogni qualvolta si operi con impianti di portata totale superiore a 6 m³/s o comunque con singole pompe con portata superiore a 2 m³/s.

Sviluppo e ricerca

Passo dopo passo...

Lo sviluppo delle macchine, ha consentito una notevole semplificazione e riduzione dimensionale delle pompe.



L'incremento dell'efficienza delle pompe, passa principalmente attraverso l'ottimizzazione dei flussi all'interno delle pompe stesse ed il conseguentemente aumento delle velocità dei liquidi in afflusso e passaggio.

Modelli Idraulici

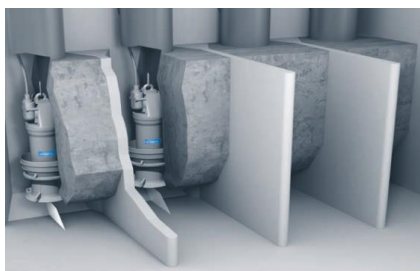
Spesso i costruttori, forniscono diagrammi e consigli sul dimensionamento e sulla firma costruttiva degli impianti.

Tali indicazioni, sono però sempre da valutare a seconda del tipo di servizio richiesto: un impianto che opera a portate limitate per poche ore annue per esempio drenaggi di acque di pioggia, è senz'altro meno problematico di un impianto di irrigazione, scolo o bonifica che deve lavorare per settimane senza problemi, per cui è assolutamente necessario per gli impianti più importanti, poter simulare i flussi in modo corretto, in modo da poter progettare impianti alla massima efficienza sia gestionale, che energetica, che a livello di affidabilità. Per questo il supporto di un costruttore di pompe è sempre essenziale per l'ottimizzazione del progetto



Engineering & Expertise
Designing pump sumps

LARGE SUBMERSIBLE PROPELLER PUMPS



Suggerimenti per la
progettazione

PER STAZIONI DI POMPAGGIO CON POMPE A FLUSSO MISTO
E ASSIALI FLYGT A INSTALLAZIONE VERTICALE



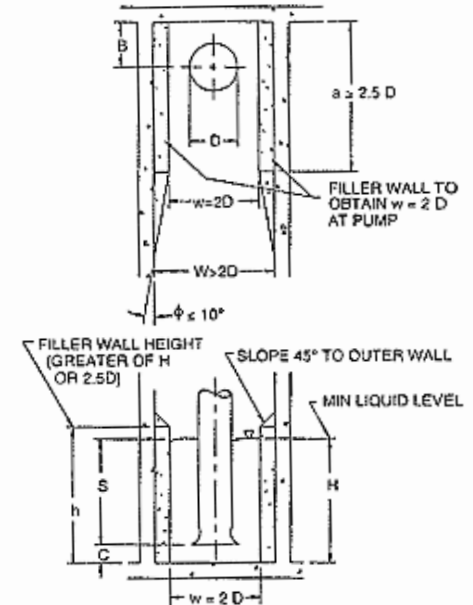
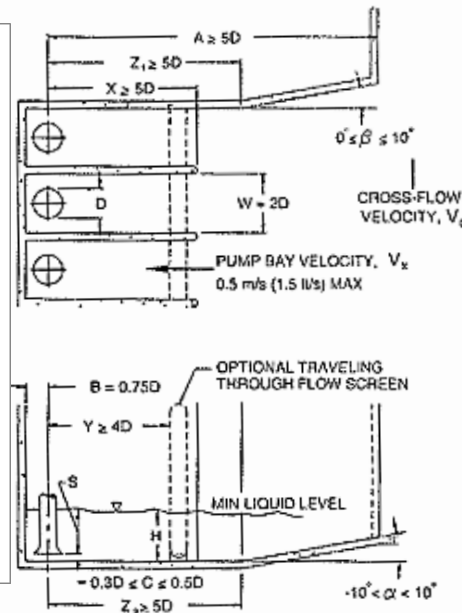
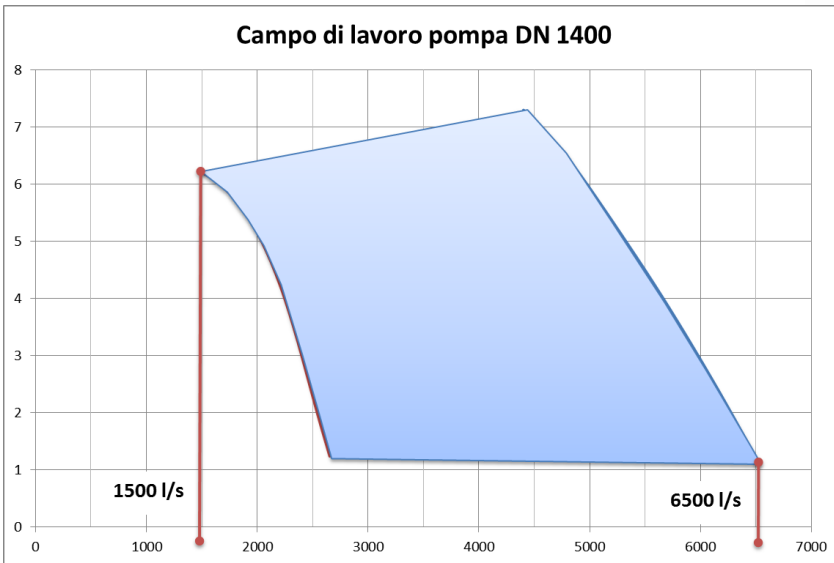
Engineering & Expertise
Designing pump sumps

FORMED SUCTION INTAKE



Modelli Idraulici

Campo di lavoro pompa DN 1400



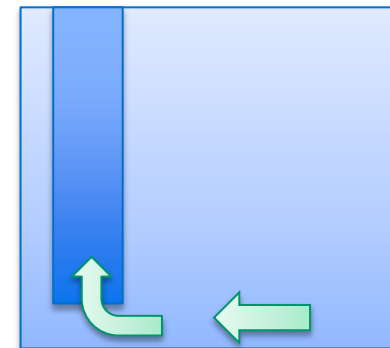
Campo di lavoro pompa DN 1400 da 1,5 a 6,5 m³/sec

Larghezza camera pompa = 2 x D1,4 m = 2,8 m

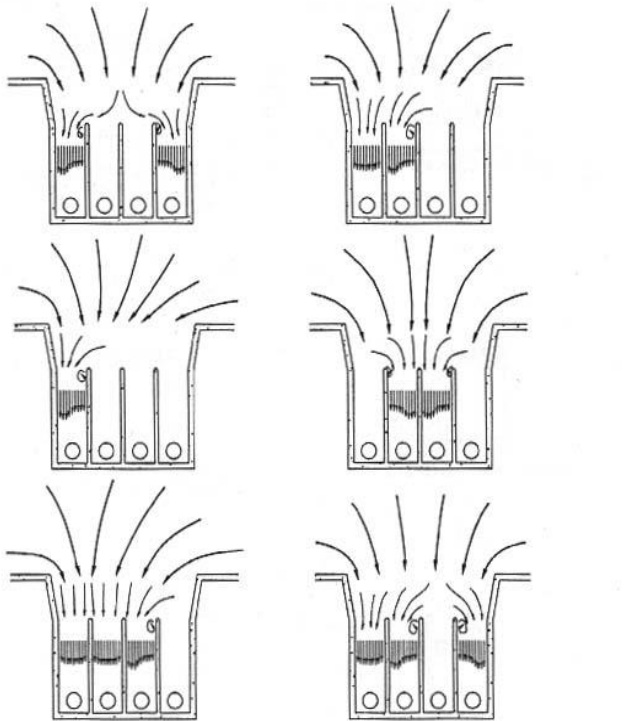
Ipotizzando un battente di circa 2 m, avremo una velocità di afflusso da 0,26 a 1,16 m/sec
(consigliata ~0,5 m/s)

Luce di passaggio alla bocca della pompa 0,5D = 0,7 m
velocità di afflusso da 1,4 a 6 m/sec

All'interno delle macchine le velocità sono anche superiori
a 9 m/s



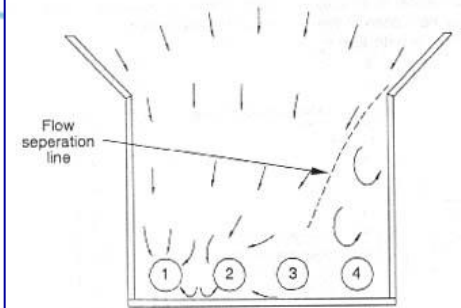
Dimensionamento e progettazione delle vasche per l'ottimizzazione degli afflussi



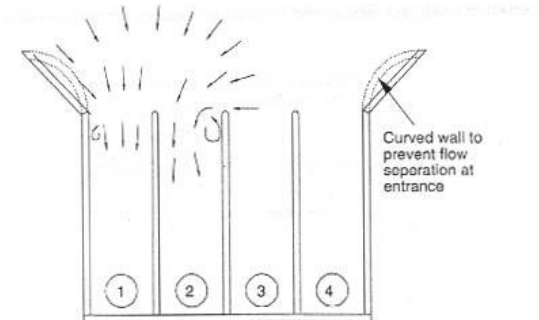
Examples of pump approach flow patterns for various combinations of operating pumps

Sulle documentazioni generali delle case costruttrici, non sempre è possibile riportare tutte le possibili condizioni di funzionamento o di afflusso, specie in caso di elevate portate.

Sono perciò sempre consigliabili verifiche ed eventualmente modelli realizzati sempre in collaborazione con costruttori di elevata e provata esperienza



a - Open sump, Pumps 1 & 2 operating illustrating problem flow patterns



b - Partitioned sump, Pumps 1 & 2 operating, less likely to result in flow problems

Comparison of flow patterns in open and partitioned sumps

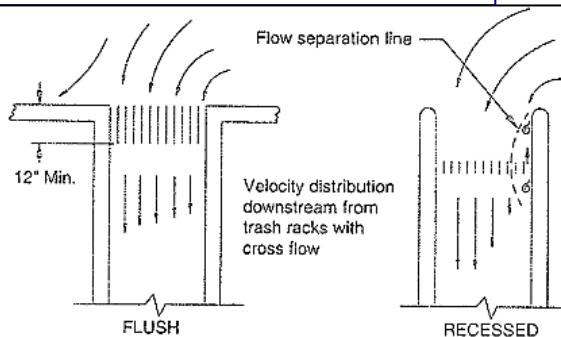


Figure A.4 — Effect of trash rack design and location on velocity distribution entering pump bay

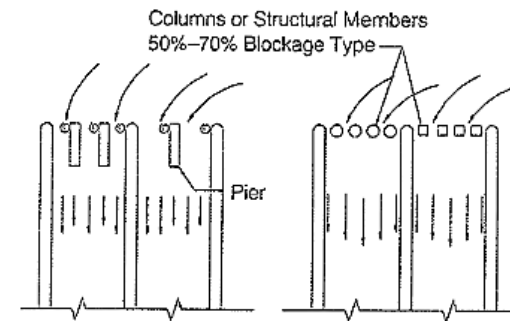


Figure A.5 — Flow-guiding devices at entrance to individual pump bays

Dimensionamento e progettazione delle vasche per l'ottimizzazione degli afflussi

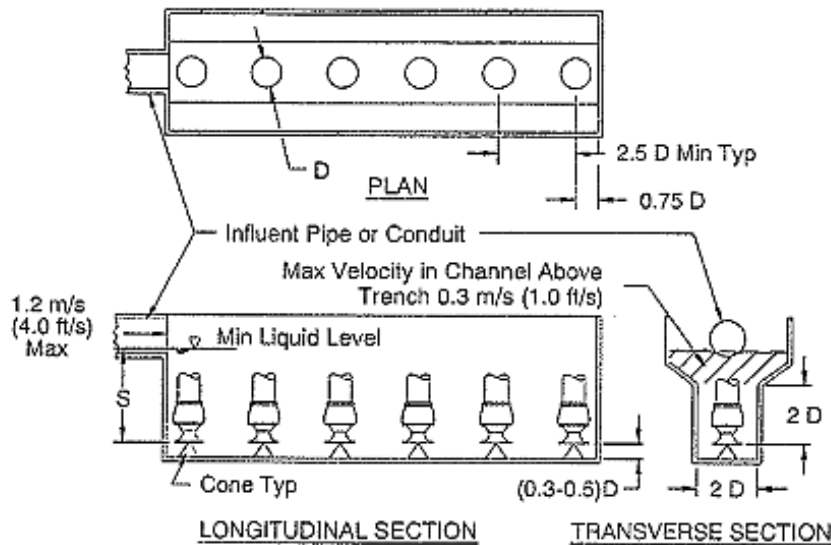
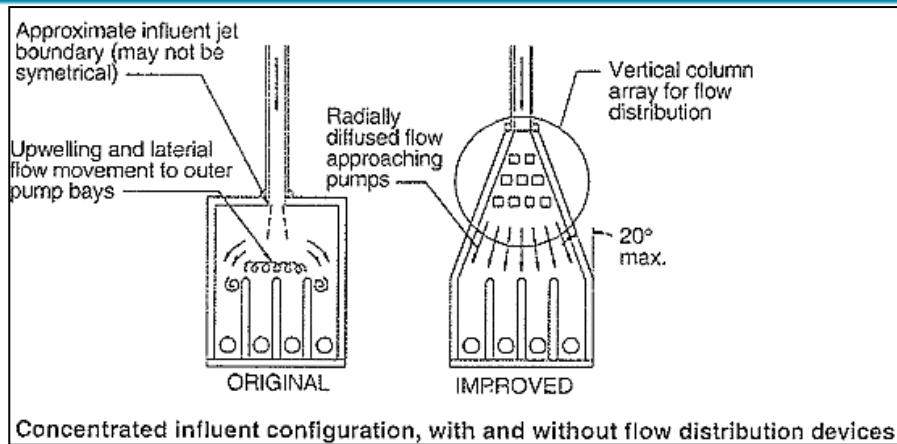
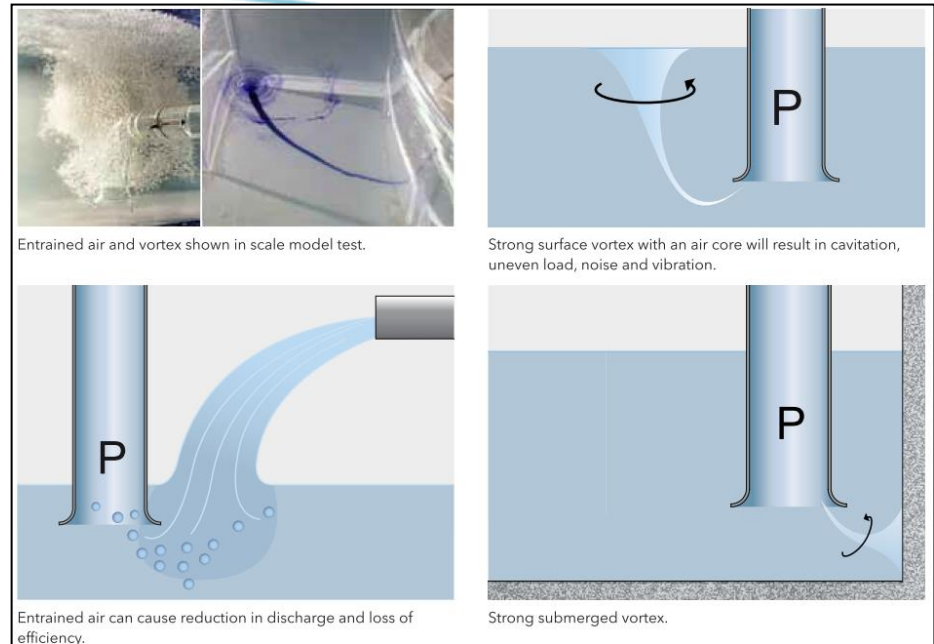


Figure 9.8.6 — Trench-type wet well

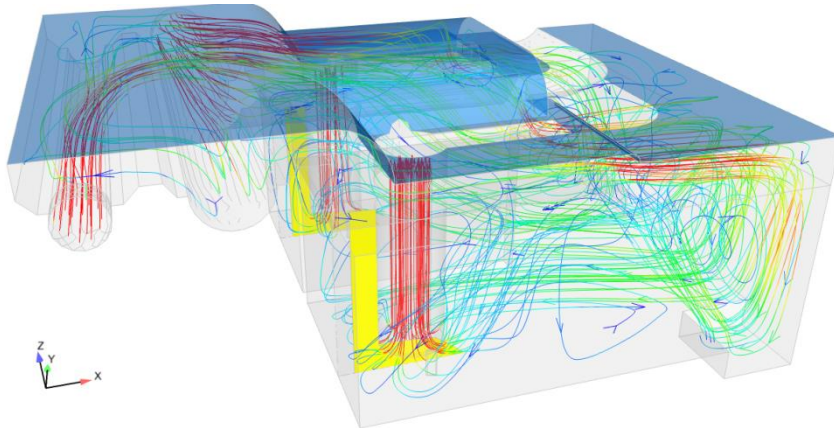


La modellazione idraulica, consente non solo di ottimizzare gli afflussi, ma anche di studiare nuove forme costruttive degli impianti, per un migliore adattamento alle necessità del progetto. Sicuramente in molti casi abbiamo costi importanti per la realizzazione di una simulazione, ma è sicuramente una percentuale minima rispetto al costo dell'intera opera, e che in alcuni casi può renderla anche più economica sia nella realizzazione che nella gestione

Esempi di soluzioni avanzate che hanno portato a semplificazioni ed efficientamenti costruttivi e gestionali

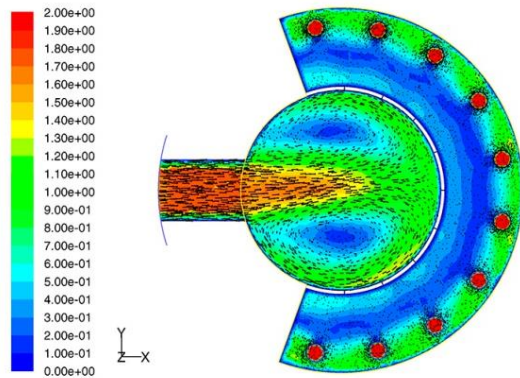
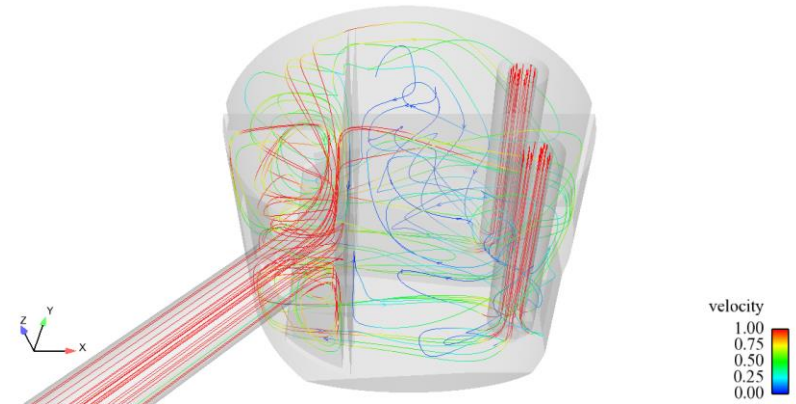
Existing stations

- Troubleshooting
- Test solutions
- Develop fixes



New stations

- Identify problems
- Optimize design
- Verify solutions

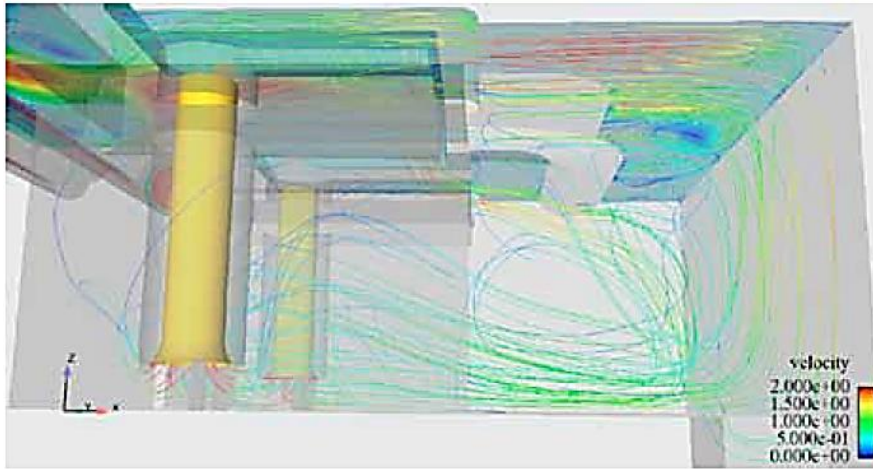


Contours of Velocity Magnitude (m/s)

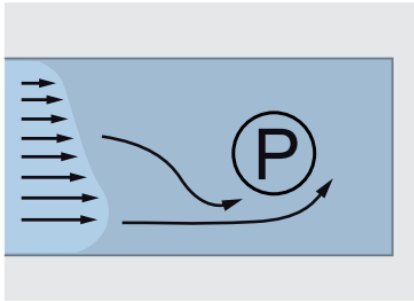
Feb 12, 2007
FLUENT 6.3 (3d, pbns, ske)



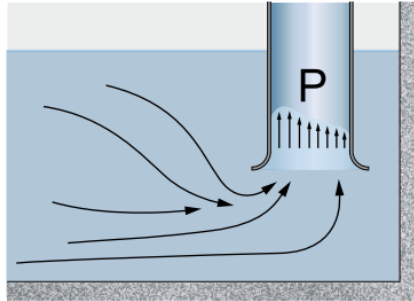
Dimensionamento e progettazione delle vasche per l'ottimizzazione degli afflussi



Propeller pump sump design verified through computational fluid dynamics (CFD).

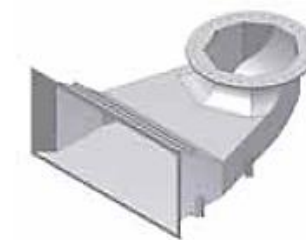


A non-uniform approach inflow leads to pre-swirl, which can overload the motor or reduce pump performance.

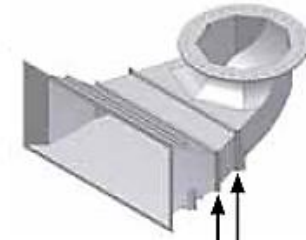


Uneven velocity into the pump inlet leads to noise, vibration and bearing wear.

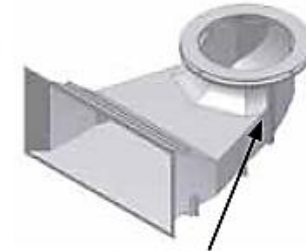
Parte basilare dello studio dei flussi alle pompe è ovviamente l'aspirazione dove le velocità e le turbolenze devono essere gestite nel migliore dei modi, per cui spesso, la soluzione del convogliatore in aspirazione, risolve molte delle problematiche che si possono creare



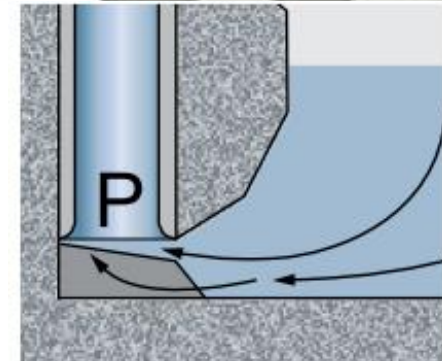
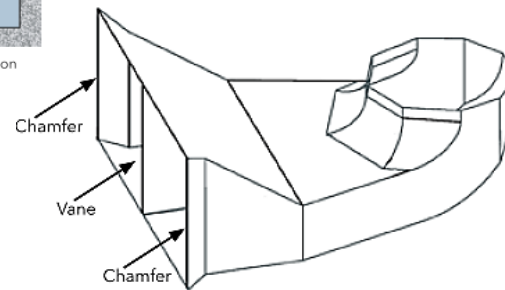
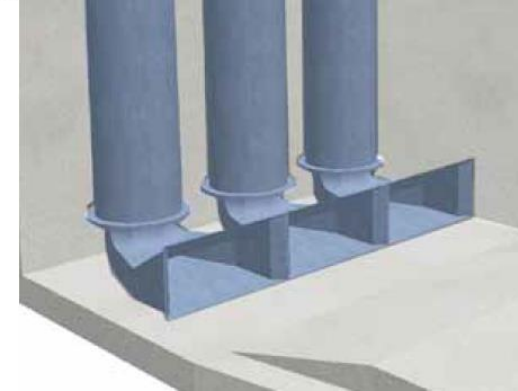
Free standing.



Encased in concrete with structural ribbing.



Free standing with supporting struts.

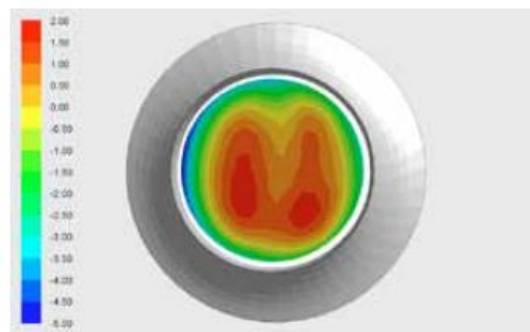
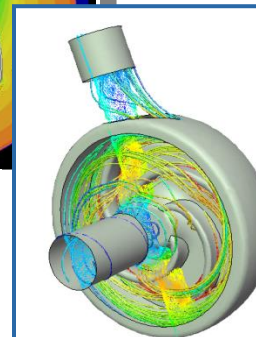
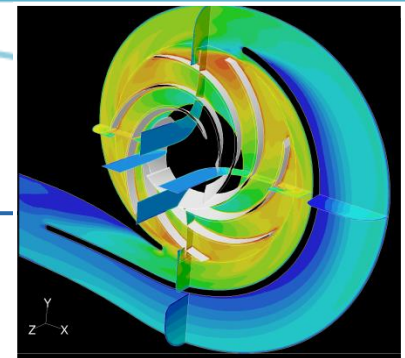
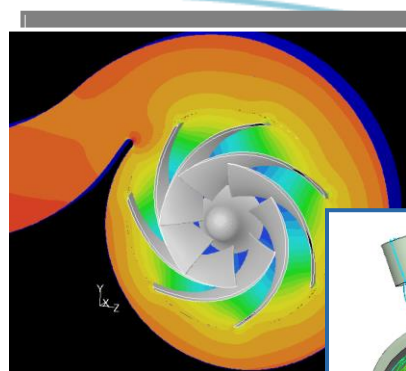


Modelli Idraulici

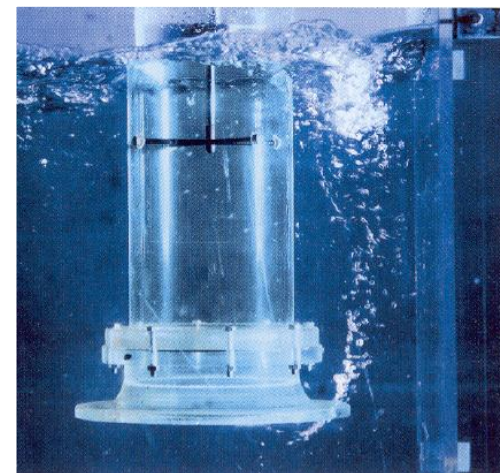
Modelli idraulici utilizzati negli studi e nelle progettazioni sono principalmente di due tipi:

- Modelli idraulici computerizzati CFD
- Modelli idraulici fisici in scala

A volte possono essere usati in associazione per meglio studiare le soluzioni, e verificarle in scala



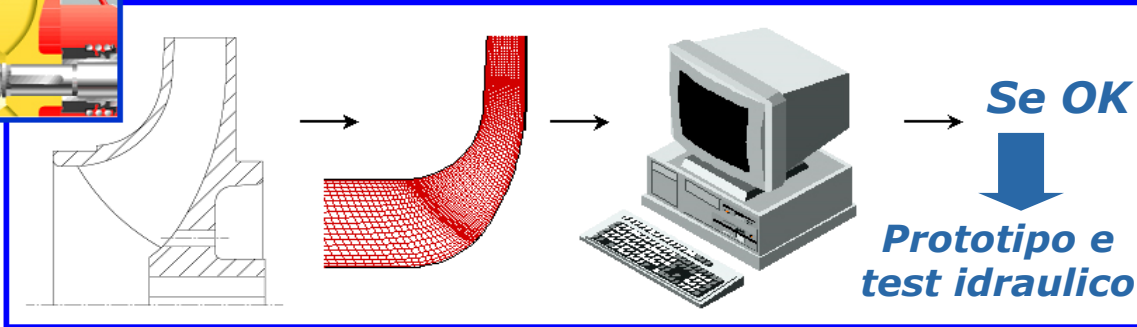
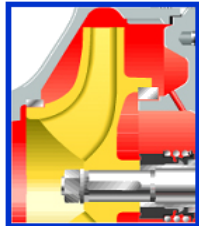
CFD simulation of the flow distribution at the impeller plane.



Procedure di calcolo e sviluppo CFD

Computational fluid dynamics (CFD) simulation

A supporto dei calcoli realizzati con il metodo CFD, vengono realizzati modelli specifici di parti idrauliche pompe per verificarne i reali comportamenti

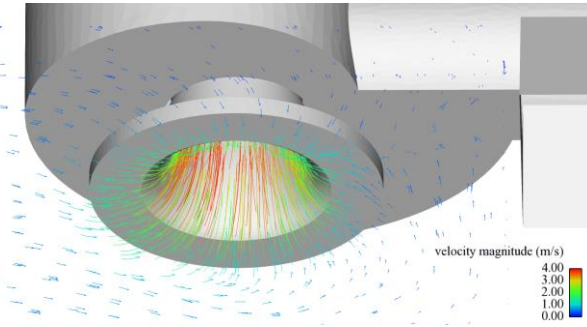


CAD-Model

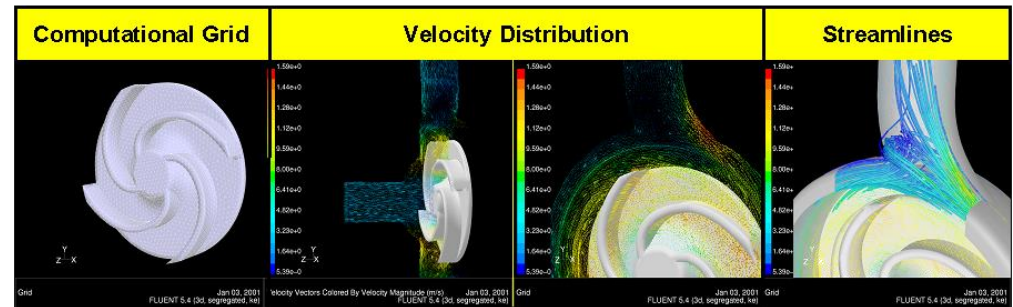
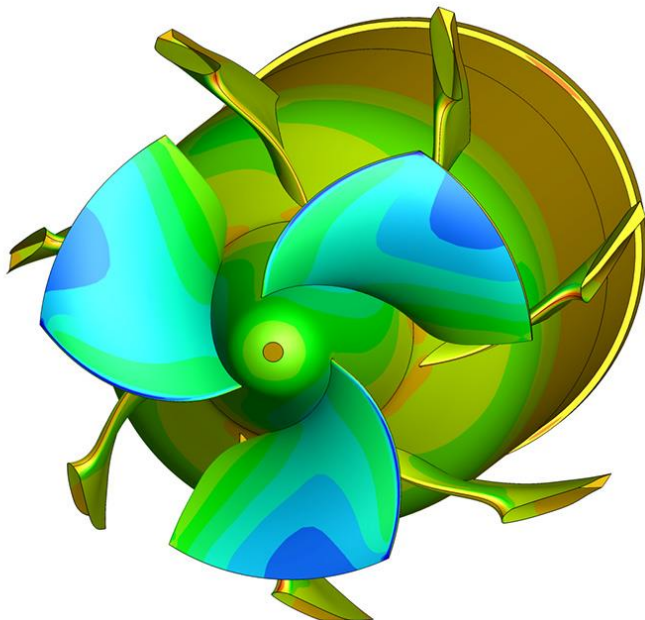
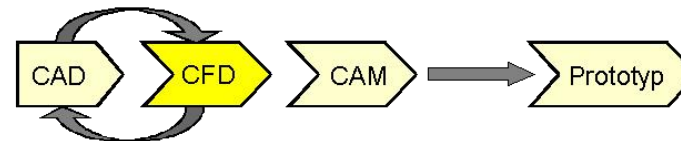
Computational Grid

CFD - Program

Results



Integration of CFD-Technologies into the Design Process

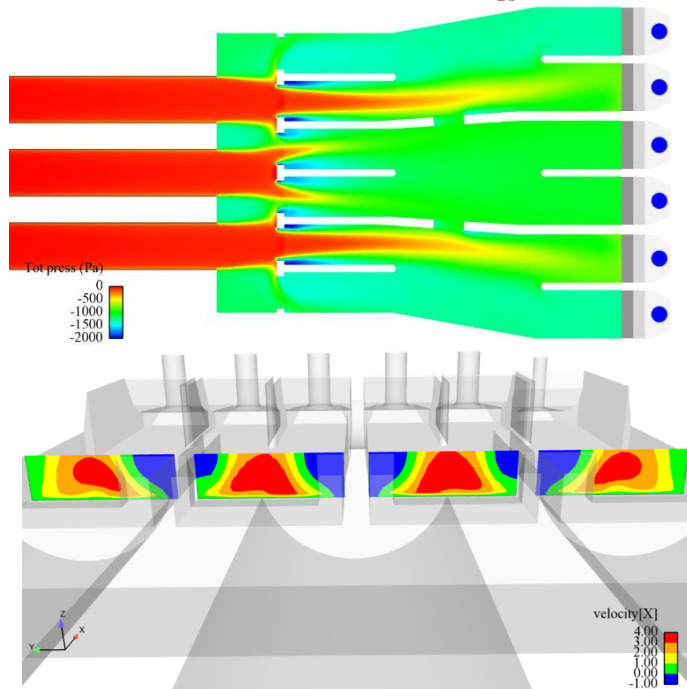
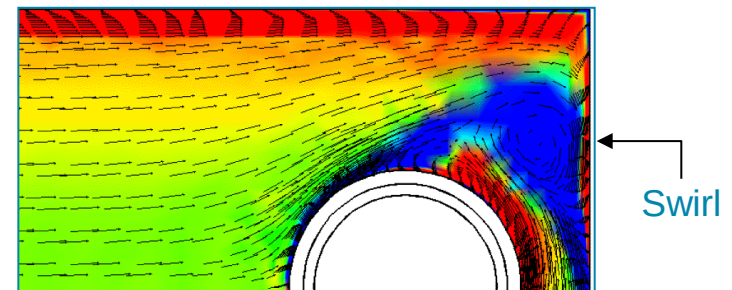
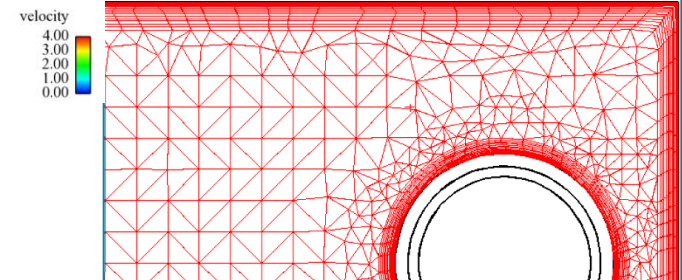
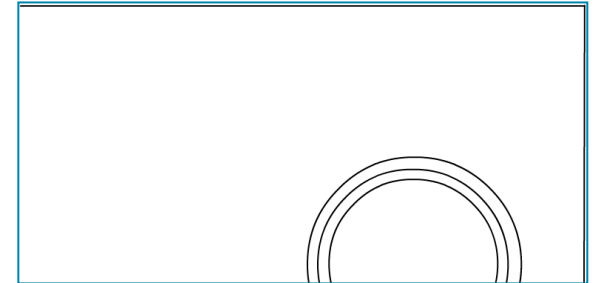
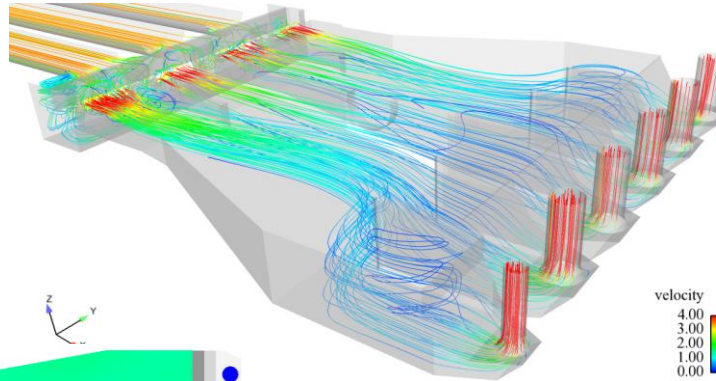


Procedure di calcolo e sviluppo CFD

Computational fluid dynamics (CFD) simulation

Oggi con la continua evoluzione dei sistemi CFD e l'esperienza accumulata, vengono realizzati modelli CFD anche per parti di impianto o impianti completi

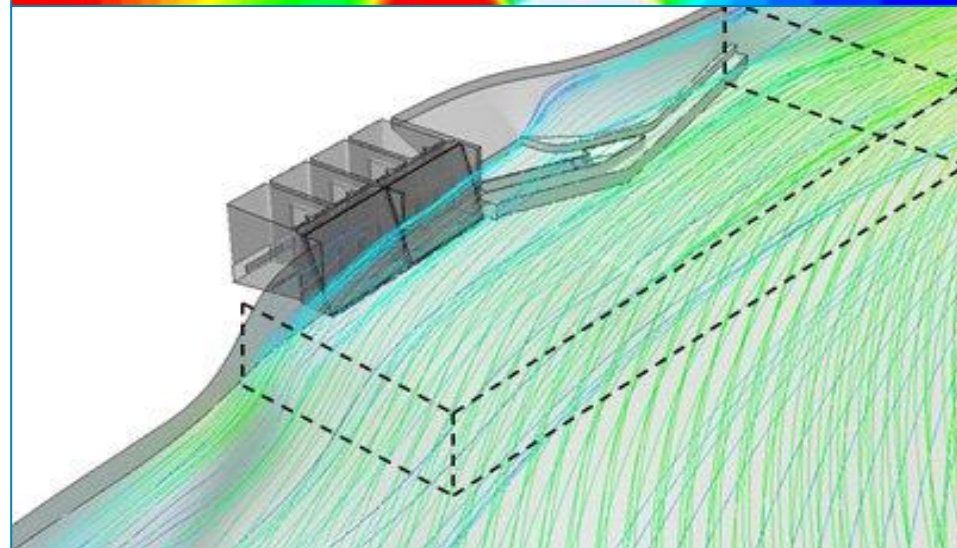
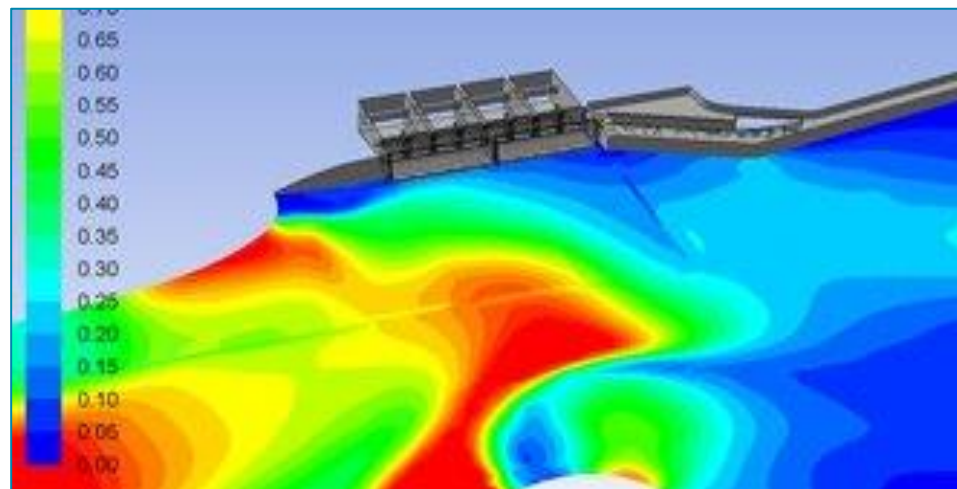
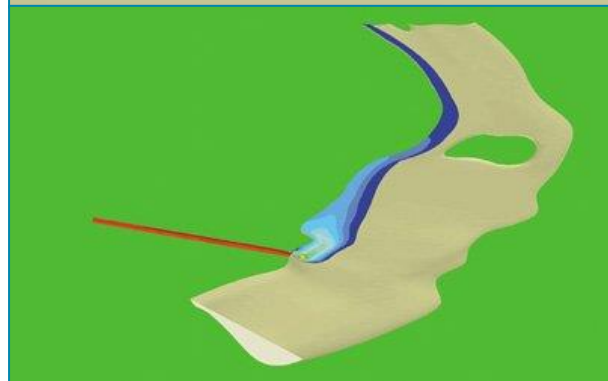
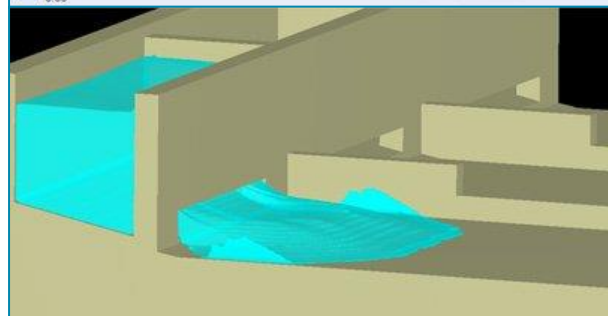
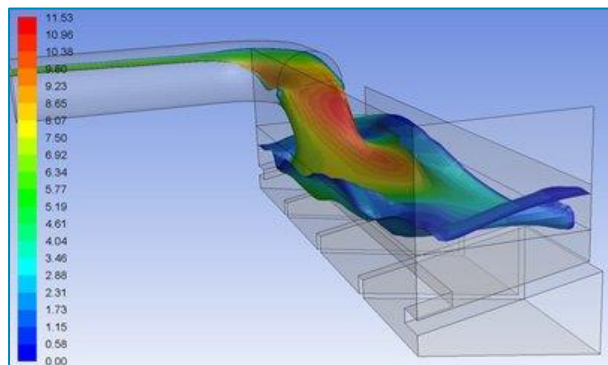
- Define geometry
- Preprocessing
- Solving the flow equations
- Postprocessing



Procedure di calcolo e sviluppo CFD

Computational fluid dynamics (CFD) simulation

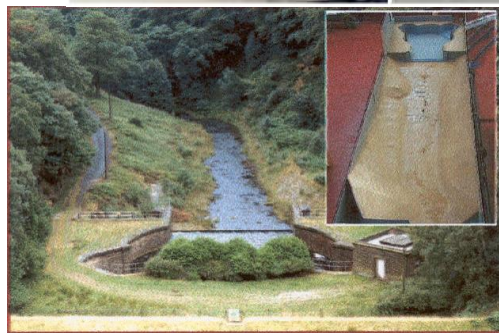
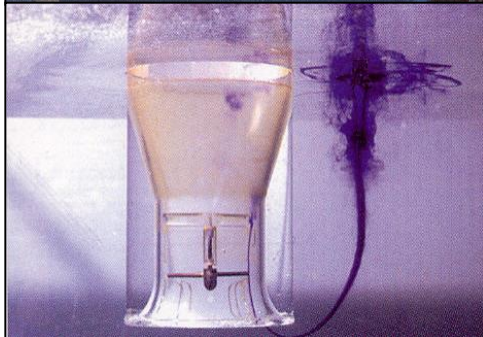
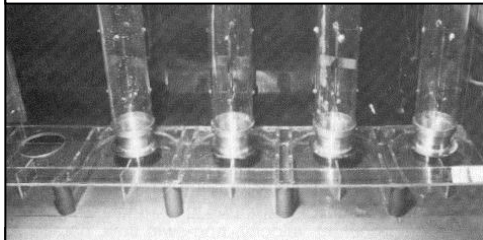
Molto interessanti sono anche le simulazioni sul comportamento di fiumi e canali, sedimentazioni, trasporto, e non ultime le simulazione per il corretto dimensionamento delle vasche di pioggia e dei bacini di laminazione



Modelli Idraulici in scala

I modelli idraulici in scala vengono realizzati principalmente:

- Studi e ricerche idrauliche specifiche sulle macchine (case costruttrici)
- Progettazioni ed ottimizzazioni impiantistiche
- Studi inerenti le correnti i flussi le erosioni ed i depositi in fiumi o canali



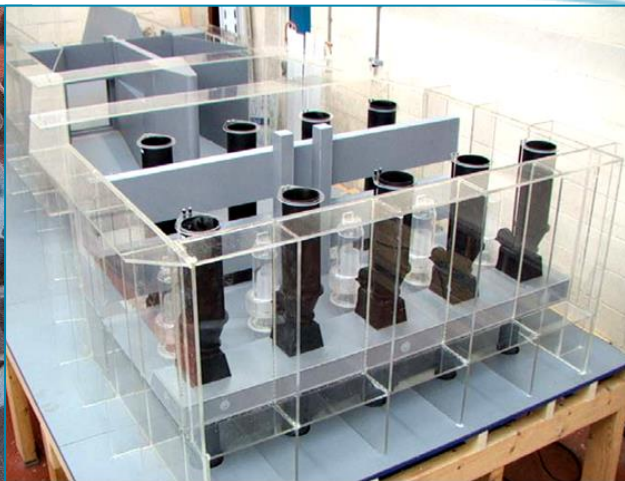
Modelli idraulici per Progettazioni ed ottimizzazioni impiantistiche

Sono modelli importantissimi per una corretta affidabile e sicura progettazione degli impianti di medie e grosse dimensioni, oltre che per lo sviluppo e l'ottimizzazione degli std progettuali suggeriti dalle case costruttrici



Model of a Flygt Formed Suction Intake device used in the tests.

Modelli idraulici per progettazioni ed ottimizzazioni impiantistiche



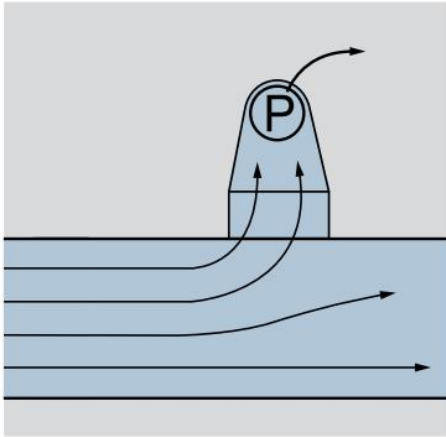
Utilissimi per verificare i flussi, il posizionamento delle macchine, i volumi utili necessari, e l'ottimizzazione degli spazi necessari

Possono essere simulate anche eventuali sedimentazioni pre e post griglie, o a causa di zone morte interne agli impianti

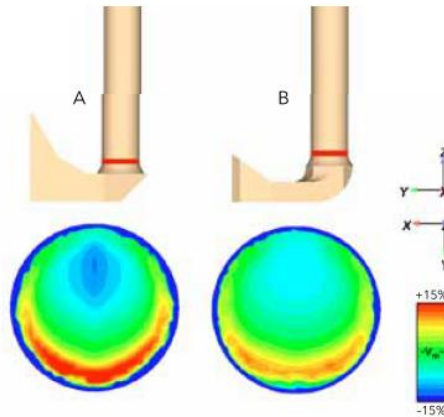


Pre-rotazioni, vortici ecc., possono essere verificati solo attraverso modelli. Una pompa può anche essere modificata, sostituita o adattata, mentre una volta realizzata la vasca pompe, difficilmente si possono effettuare radicali modifiche in caso di presenza di anomalie ai flussi

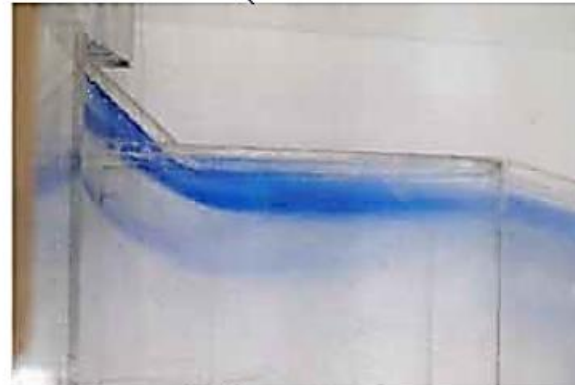
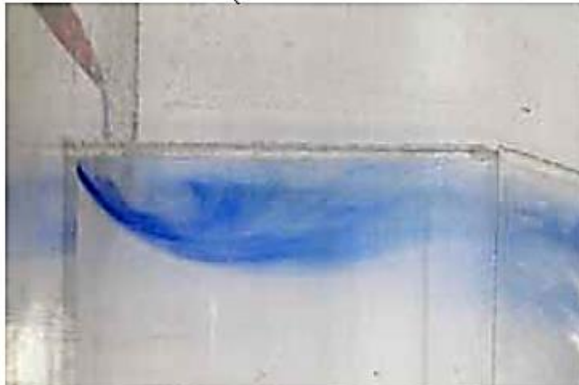
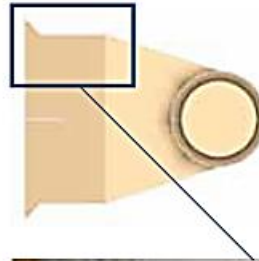
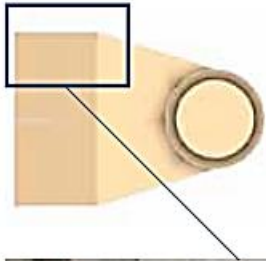
Modelli Idraulici



Test set-up.



CFD results of axial flow distribution for a formed suction intake design (A) and the Flygt Formed Suction Intake device (B).



The difference in flow without chamfers and with chamfers.

Le divisioni R&D dei costruttori, sono sempre alla ricerca di soluzioni nuove ottimizzate sia per seguire l'aggiornamento delle pompe, ma anche per verificare nuovi std progettuali

Modello Idraulico

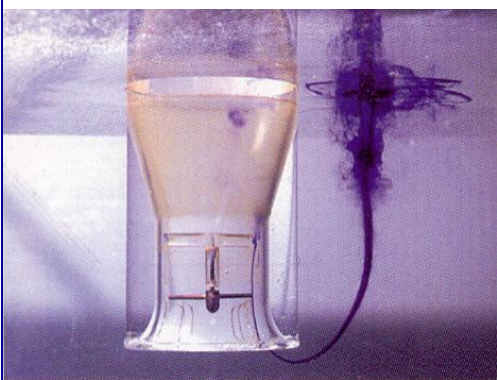
Fattori da ricercare nelle verifiche di un modello idraulico

1

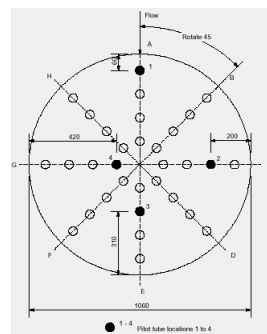
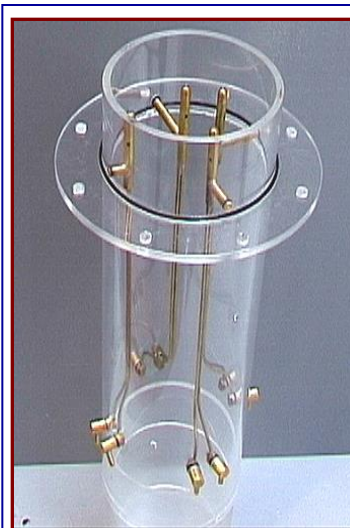


• **vortice**

2



3



La realizzazione di modelli idraulici in scala per impianti di pompaggio, consente di verificare principalmente i seguenti fattori:

(1) Pre-rotazioni del flusso all'interno dei bacini, od in prossimità delle bocche di aspirazione.

(2) Vorticosità delle acque in afflusso alla/e pompa/e, che possono generare vortici, separazioni di flusso ecc.

(3) Distribuzione delle velocità nelle diverse sezioni, con particolare attenzione all'area operativa della girante.

(4) Livelli operativi ed effetti sugli afflussi

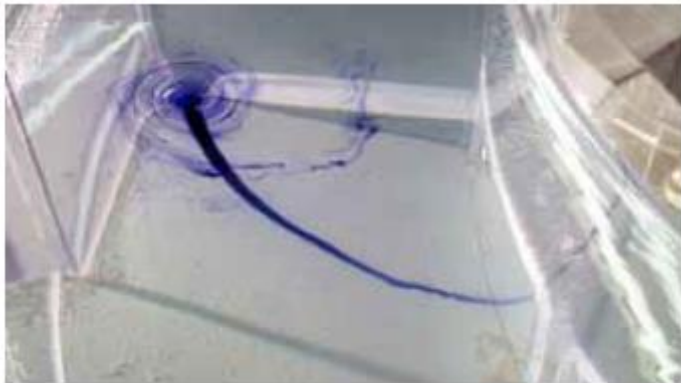
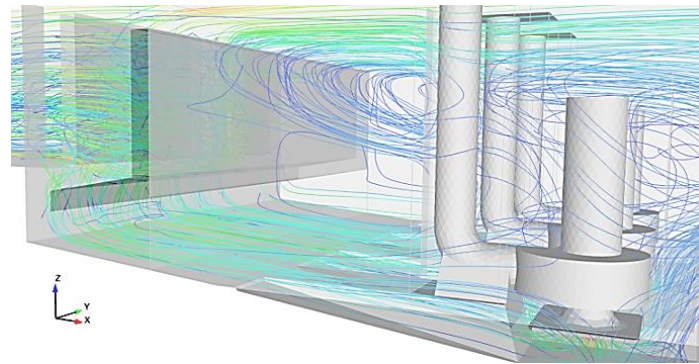
Modello Idraulico procedure di calcolo

Per la realizzazione di un modello si possono avere due diversi approcci:

Se le soluzioni ed i vincoli di progetto non sono completamente fuori dagli std, la soluzione CFD è relativamente più rapida ed economica, ma ovviamente impianti molto particolari e con problematiche tecniche notevoli, richiedono una programmazione della simulazione molto più complessa, e spesso con tolleranze sui risultati molto variabili.

Non che siano sconsigliati, anzi permettono in molti casi di operare modifiche molto rapide, ma dove è possibile, per impianti complessi, è sempre meglio confrontare ed affiancare un modello CFD ad un modello in scala

Al contrario questi ultimi, diventano estremamente più validi specie quando si ha a che fare con configurazioni di afflusso, prese da fiumi e canali di dimensioni importanti dove se in grado di ottimizzare le giuste scale di modello, si possono ottenere risultati molto significativi di termini di risultati finali



A surface vortex enters a transparent pump in a test rig.

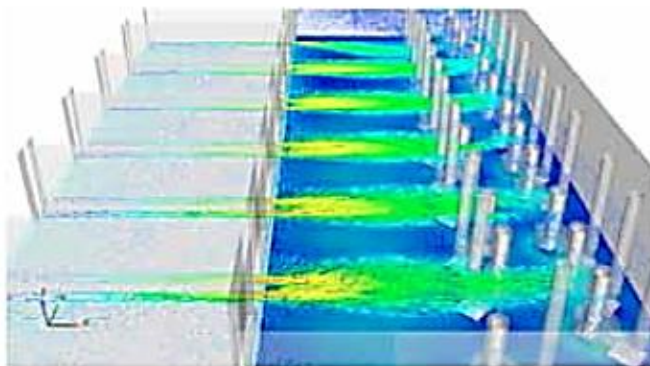
Modello Idraulico CFD progetto e risultati



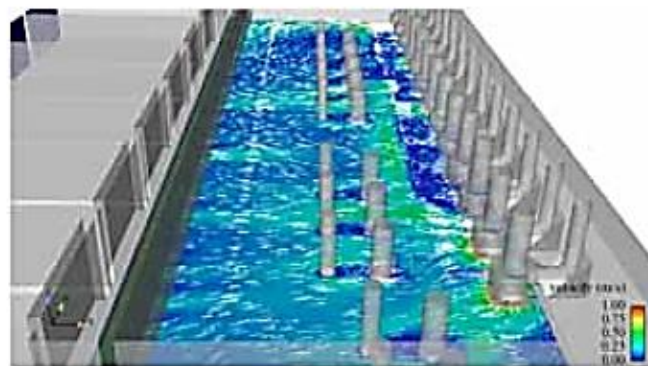
Original design.



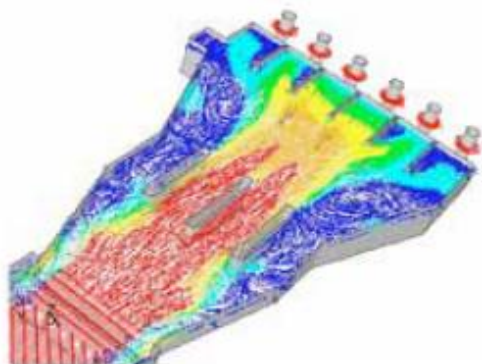
New two-level design.



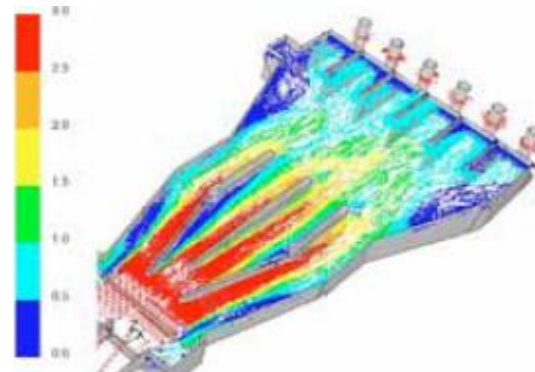
Original design simulated with CFD.



New design simulated with CFD.



CFD simulation of original design.



CFD simulation of modified design.

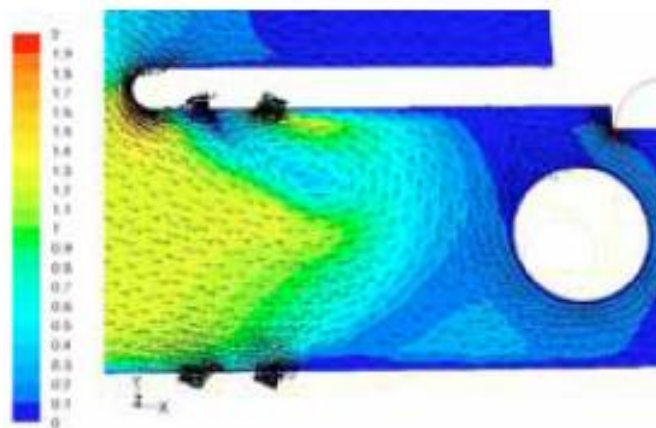
Modello Idraulico CFD progetto e risultati



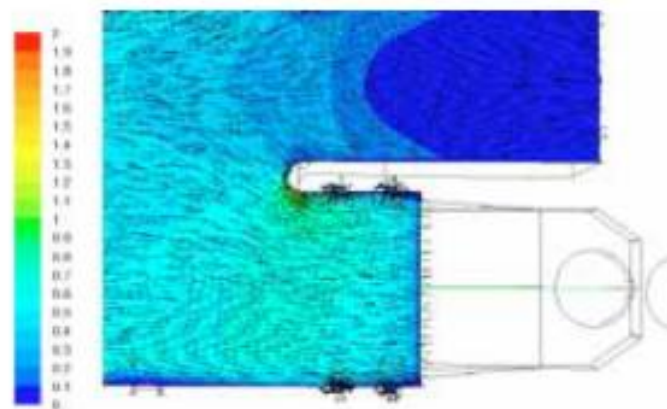
Problem - vortex.



Solution - formed suction intake.



Original CFD simulation showing vortex.



CFD simulation of modified design with uniform flow.



Scale e similitudini

Uno dei maggiori problemi nella realizzazione di modelli idraulici fisici è la determinazione delle scale.

- **Scale Geometriche**

La scala fondamentale per tutto il modello idraulico è la scala geometrica, che è il rapporto di una data lunghezza nel modello e la stessa nella nell'applicazione reale.

- **Scale dinamiche**

Le scale dinamiche, ad esempio velocità e portate, sono determinate in accordo a particolari leggi sui modelli.

Per i flussi liberi di superficie le forze governanti sono gravità e inerzia, queste forze sono riferite alla legge di scala di Froude

- **Le scale per le forze**

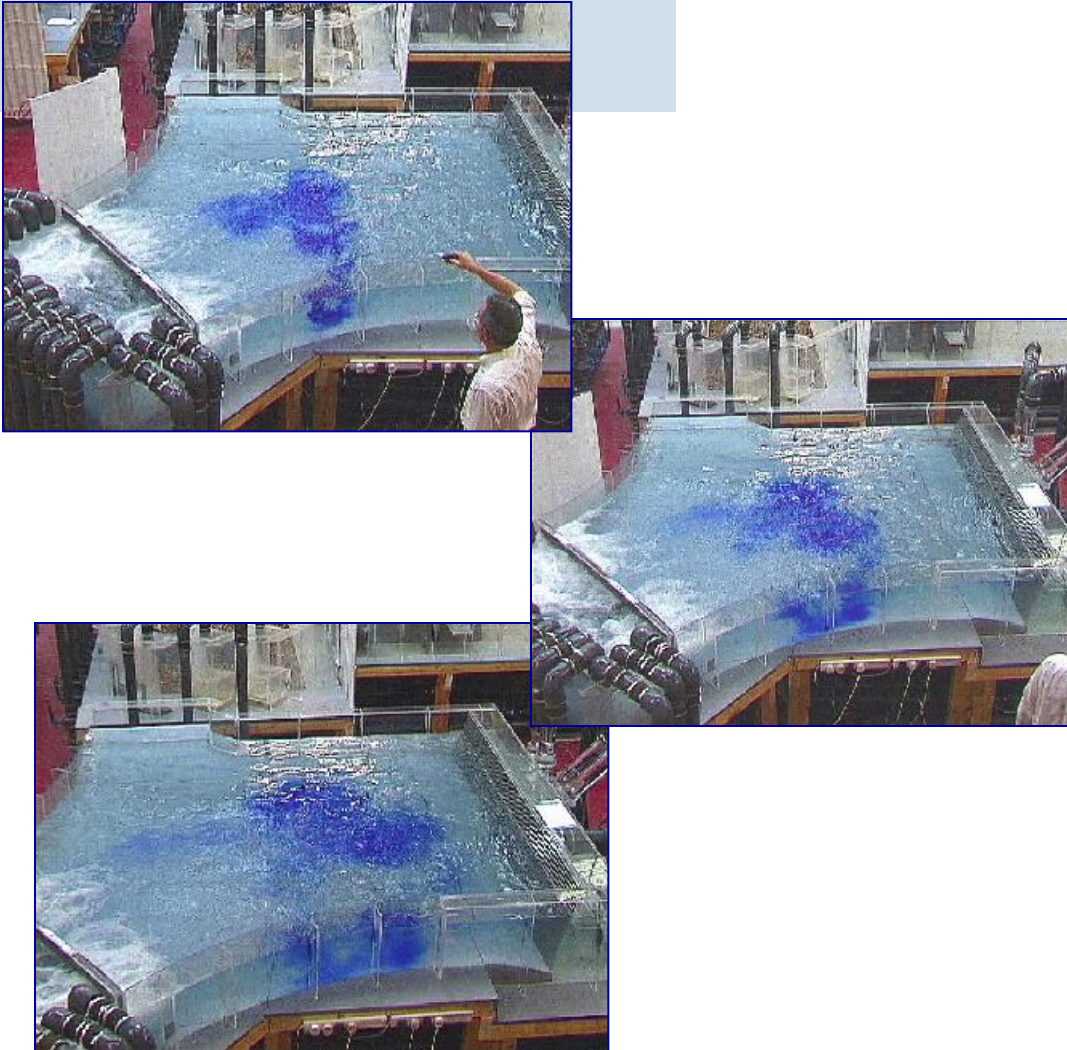
sono basate sul rapporto fra forza misurata e forza di inerzia.

Esempio:

Proprietà	Relazione di Scala	Valore nel Modello
Geometric	$S = L_m / L_p$	1/10
Velocity	$V_m = V_p S^{1/2}$	1/3.162
Flow	$Q_m = Q_p S^{5/2}$	1/316.22
Time	$T_m = T_p S^{1/2}$	1/3.162
Force	$F_m = F_p S^3$	1/1000

Una scala adatta è una che assicuri che la dimensione degli errori della scala stessa siano trascurabili per i regimi di flusso da studiare.

Modello Idraulico pre-rotazioni

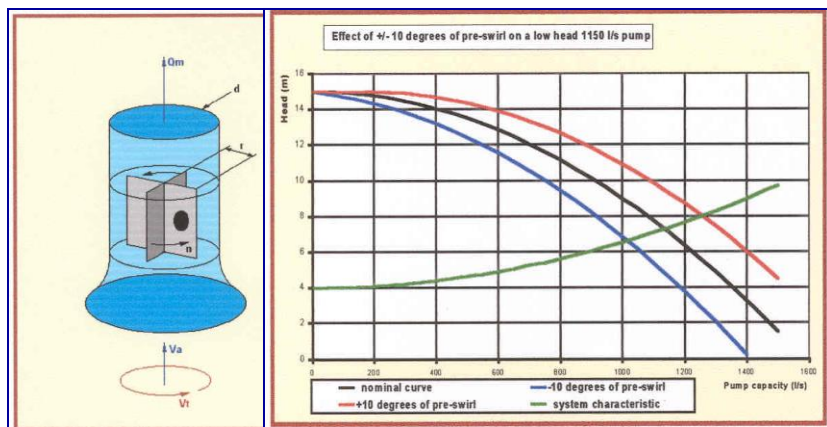
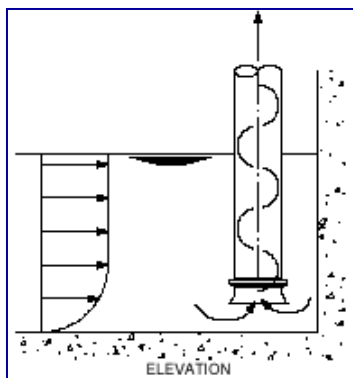
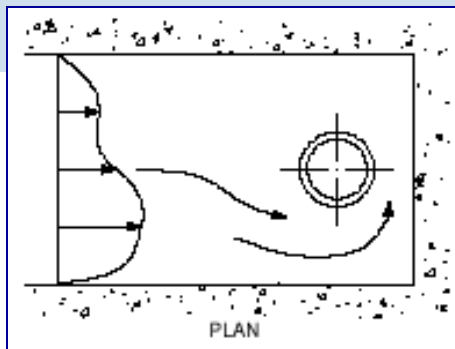


La maggior parte delle pompe sono progettate per un afflusso a privo di rotazioni libera.

Il flusso di rotazione quindi indurrà i flussi interni alla pompa a modificare i comportamenti rispetto alle caratteristiche di progetto ed potrà deviare le prestazioni della pompa dai parametri e dalle performance progettuali. Quindi la pre-rotazione dovrebbe in ogni caso essere evitata o comunque mantenuta entro determinati limiti prescritti a seguito di prove sperimentali.

La presenza di un flusso di rotazione, è solitamente dovuta ad una distribuzione asimmetrica delle velocità all'entrata della vasca che provoca lo sviluppo di quantità di moto rotatorio amplificato poi dal flusso che converge verso la presa della pompa

Modello Idraulico effetti delle pre-rotazioni



Gli effetti di pre-rotazione sulle prestazioni di una pompa dipendono dal senso di pre-rotazione rispetto a quello della rotazione della girante e varia a secondo del tipo di pompa. Una pre-rotazione opposta alla girante aumenta la pressione sviluppata e, in funzione dal tipo di pompa, abbiamo una variazione dell'assorbimento di potenza; il rendimento è ovviamente in relazione e tende a ridursi in seguito ad un eventuale aumento del consumo di energia. Una pompa è soggetta a contrastare la contro rotazione che, che se di intensità sufficiente potenzialmente potrebbe creare problemi di sovraccarico al motore. Una pre-rotazione nella stessa direzione della girante della pompa, crea una riduzione di portata, e di potenza assorbita; purtroppo il decremento di assorbimento è di misura inferiore, con conseguente riduzione del rendimento.

Funzionamenti rumorosi, cavitazioni e usure premature dei cuscinetti sono tutte caratteristiche di eccessiva pre-rotazione.

Modello Idraulico Vorticosità

Mentre la pre-rotazione è un effetto di rotazione di una grande massa di acqua che ruota nella zona di aspirazione/ingresso, la vorticosità ha una forma/effetto molto più concentrata ed intensa di una locale rotazione e genera diversi sforzi agli elementi rotanti della pompa causandone decrementi alle prestazioni e vibrazioni. I vortici possono avere una formazione superficiale o sommersa. I vortici superficiali possono essere classificati come qui sotto indicato:

Tipo 1



VORTICE DI SUPERFICIE
ADERENTE, FOSSETTA DI
SUPERFICIE A STENTO
INDIVIDUABILE

Tipo 2



FOSSETTA DI SUPERFICIE
BEN DEFINITA, VORTICE
ADERENTE ALLA SUPERFICIE

Tipo 3



NUCLEO SVILUPPATO
COMPLETAMENTE, VORTICE
ADERENTE PER TUTTA LA
COLONNA DI ACQUA

Tipo 4



DETRITI CHE
RISALGONO, NUCLEO DI
ARIA PARZIALE,
VORTICE ADERENTE

Tipo 5



NUCLEO DI ARIA
INTERMITTENTE, PER
TUTTA LA COLONNA DI
ACQUA

Tipo 6

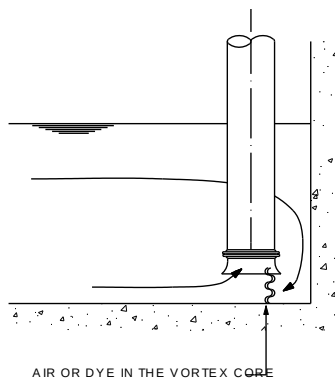


VORTICE DI ARIA
COMPLETAMENTE
SVILUPPATO

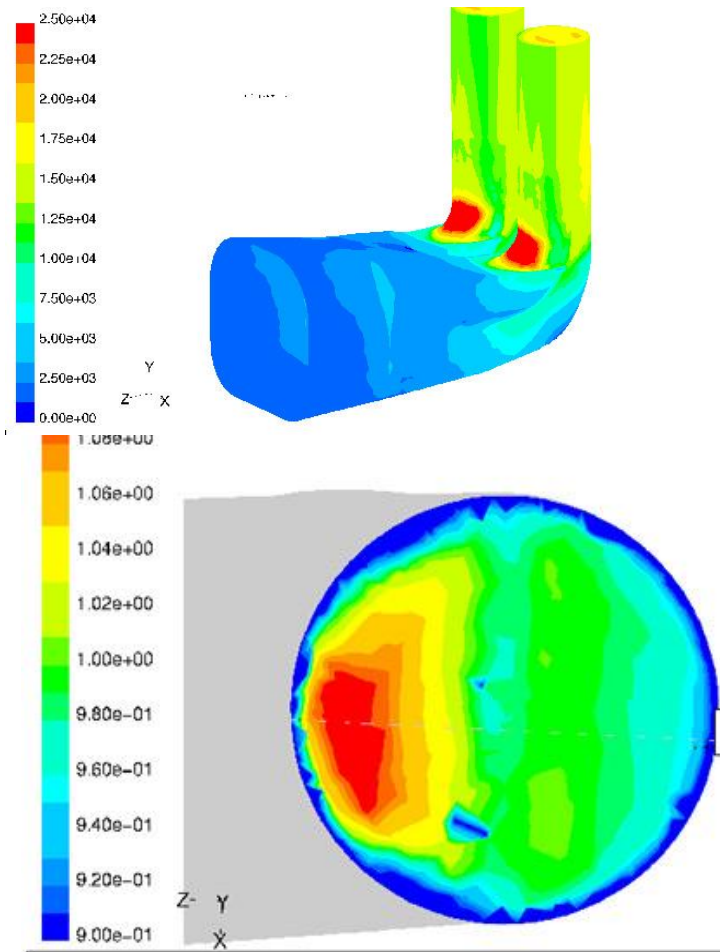
Modello Idraulico Vorticosità

I vortici di superficie possono essere liberi o forzati. I vortici a superficie libera sono formati dalla rotazione generata dai flussi, senza ad esempio influenza di rotazioni create dall'aspirazione delle pompe o da prelievi/immissioni sommerse.

Vortici di superficie forzati si formano a causa di rotazioni prodotte da interazione del flusso stesso con l'ambiente circostante, ad esempio subito prima di un'ostruzione o internamente ad una zona di con una limitazione al flusso della massa (camere pompe, modifiche di sezioni ecc.) Vortici sommersi, invece, si creano ad esempio tra il pavimento o il muro di una vasca e una bocca aspirante, e possono essere più dannoso per le pompe che un vortice di superficie. A differenza dei vortici superficiali, la pressione all'interno del nucleo del vortice sommerso può scendere al di sotto della pressione atmosferica e avere caratteristiche fortemente rotatorie. Se la pressione è sufficientemente bassa, gas disciolto potrà espandersi dalla miscela acquosa, e rendere visibile il nucleo del vortice.



Modello Idraulico distribuzione delle velocità



Vorticosità, pre-rotazioni, e separazioni di flussi, generano facilmente una velocità/pressione dinamica disuniforme all'ingresso della pompa e specialmente nella zona della girante.

Questa disomogeneità, crea notevoli coppie inverse sulle pale ad ogni passaggio nel punto, generando continue tensioni, usure anomale delle parti rotanti, che possono sfociare anche in rotture delle pale.

Dobbiamo immaginare che una massa di circa 5 tonnellate d'acqua ogni secondo, attraversano ad una media di circa 4m/sec (si arriva anche a 9 m/sec) le pale della girante, e che come nell'esempio riportato, abbiamo una notevole differenza di velocità fra un lato e l'altro della girante, ad ogni rotazione.

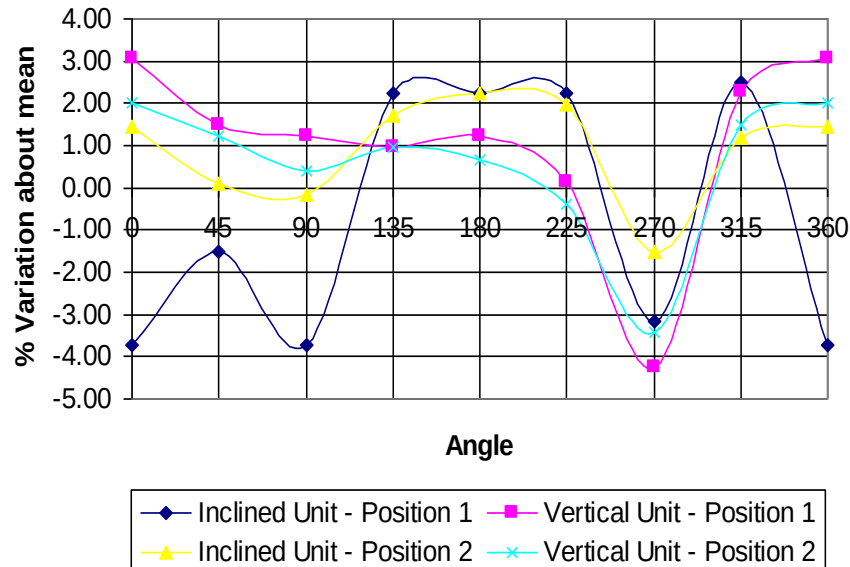
E' abbastanza intuitivo che in breve avremo diversi danneggiamenti alla pompa, e non certo per cattiva qualità della macchina, ma esclusivamente per una mancanza di ottimizzazione dei flussi all'interno degli impianti

Modello Idraulico risultati dei test

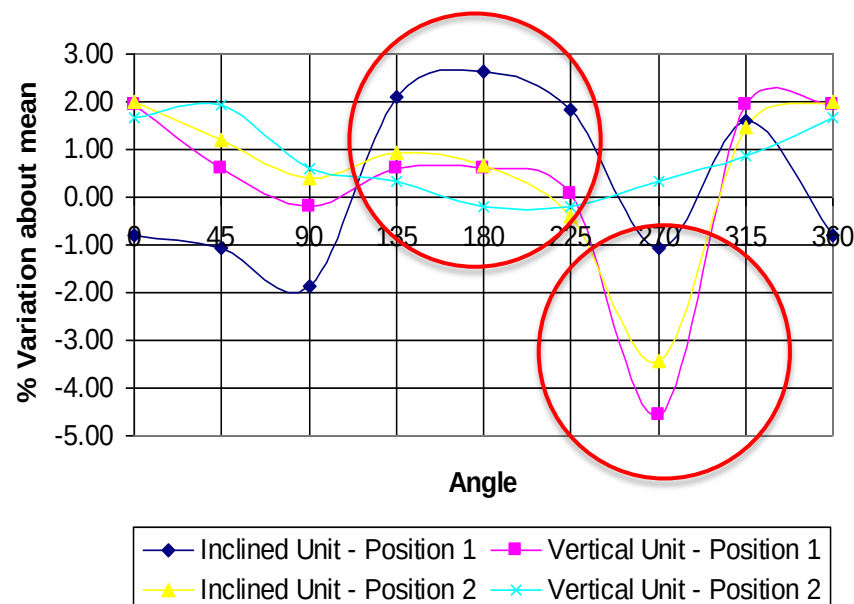
Come visualizzabile dai diagrammi sottoriportati, l'andamento delle pressioni o velocità dinamiche risulta abbastanza simile fra 2 soluzioni diverse testate, anche se una delle due, denota una maggiore velocità differenziale in alcune zone.

Conseguentemente si potrebbero sviluppare sforzi sulle pale, da usurare precocemente le pale stesse e i cuscinetti delle pompe, con un costo di gestione nel tempo maggiore rispetto all'altra soluzione

Case 1 - Velocity Distribution at Impeller Plane



Case 3 - Velocity Distribution at Impeller Plane

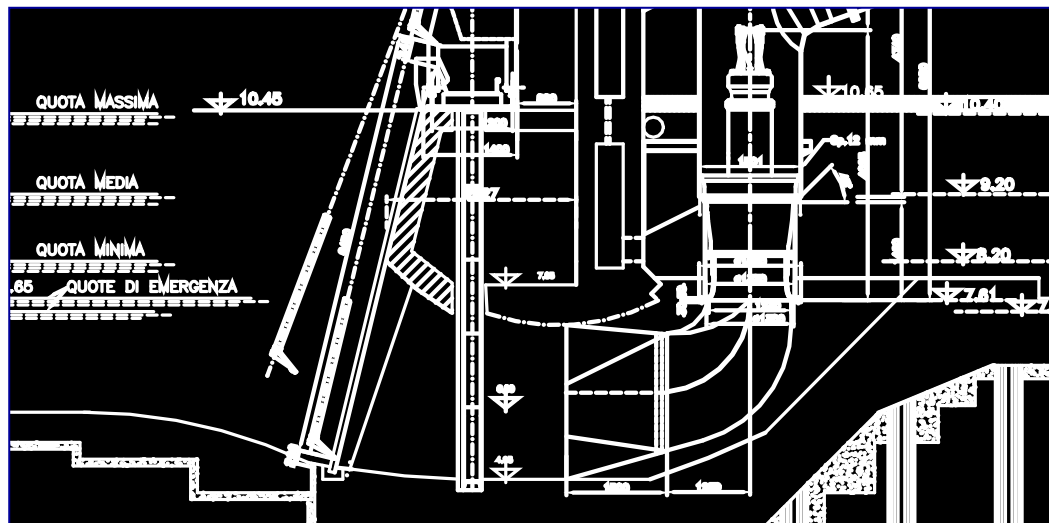


Modello Idraulico livelli di lavoro

Altro obiettivo non secondario da verificare attraverso i modelli, sono i comportamenti idraulici ad esempio delle prese, in caso di funzionamento singolo o di macchine in parallelo, sia ai minimi che ai massimi livelli.

In queste condizioni si possono evidenziare aspirazioni anomale di aria dalle bocche di aspirazione.

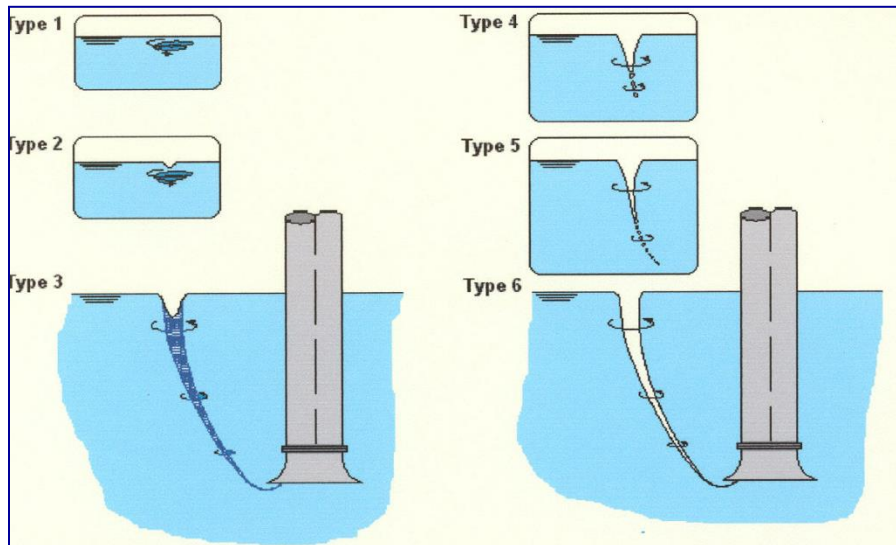
Queste aspirazioni di aria o vortici superficiali, generati normalmente da una velocità di aspirazione eccessiva, sono estremamente dannosi per la meccanica delle pompe, generando cavitazioni, danni alle parti idrauliche ed ai cuscinetti albero.



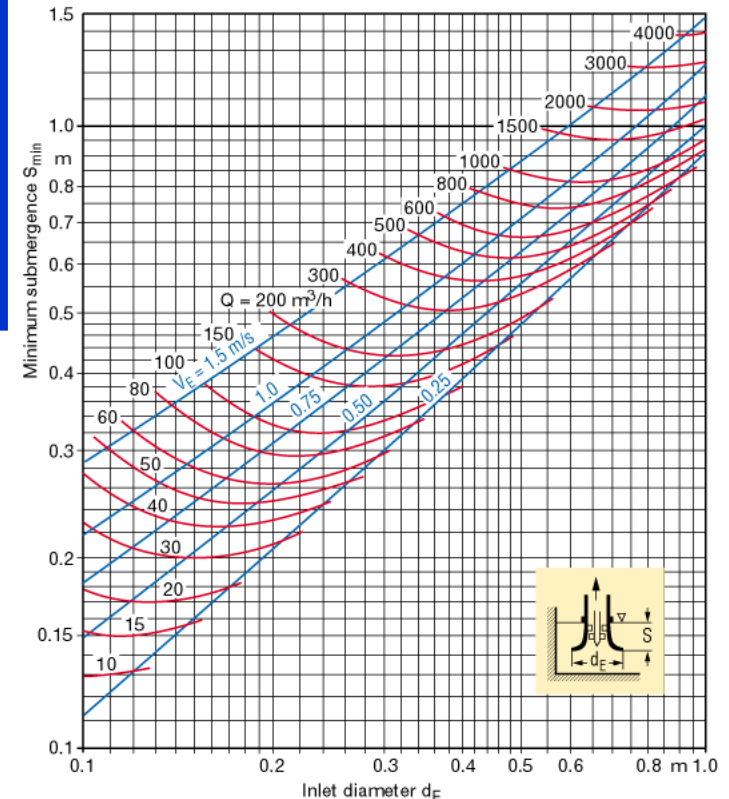
Cavitazione e vortici superficiali

Il fenomeno generato da vortici superficiali e non, non è altro che una delle forme in cui si sviluppa la cavitazione nelle pompe.

Spesso è generato dalla mancanza del minimo battente necessario rispetto alla velocità di ingresso all'aspirazione



$$S_{\min} = 0.8 \cdot d_E + 1.38 \cdot v_s \cdot \sqrt{\frac{d_E}{g}}$$



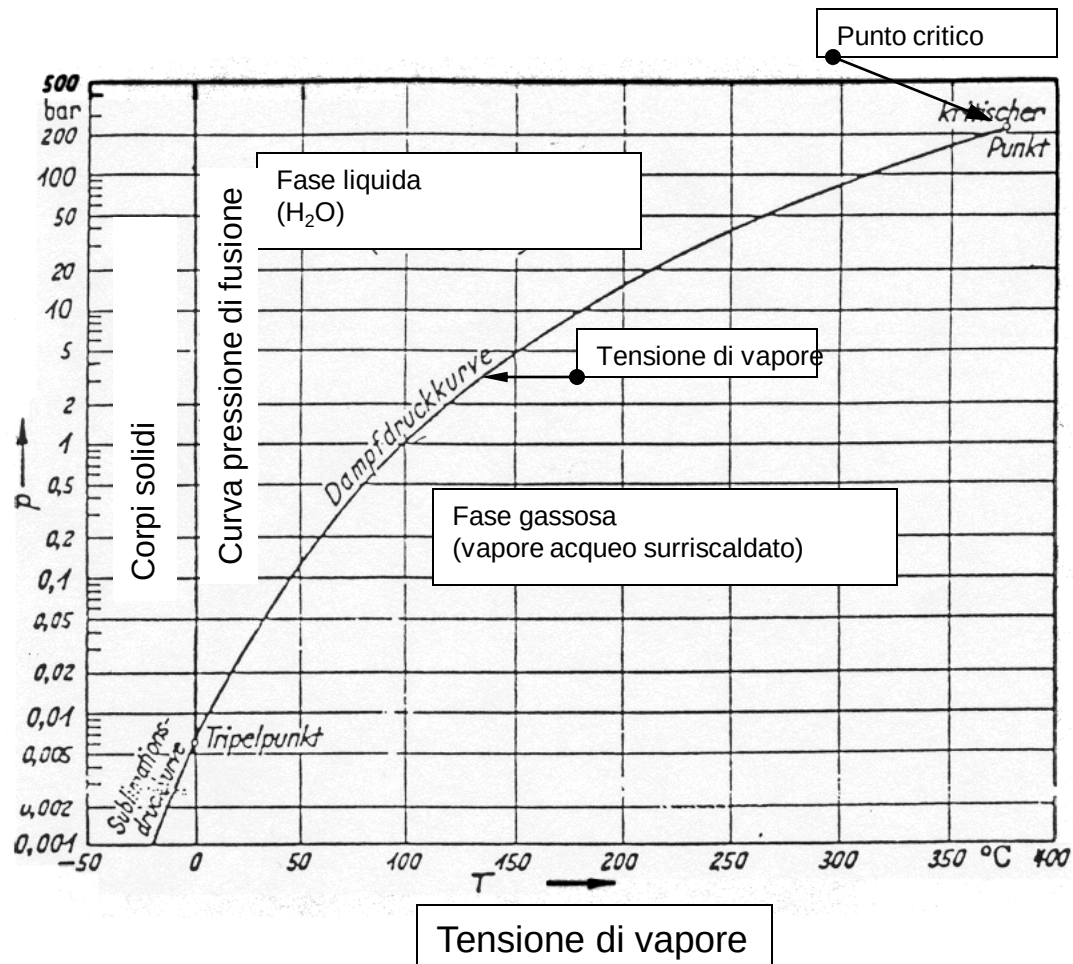
Velocità massima ammissibile all'ingresso nella tubazione di aspirazione in funzione del battente disponibile al di sopra dell'ingresso stesso

Cavitazione: Definizione

Si definisce cavitazione la formazione e la susseguente “implosione” di bolle di vapore in un liquido in movimento.

In caso che il valore dell’NPSH disponibile e richiesto, (pompa ed impianto) sia superiore al valore della tensione di vapore per una determinata temperatura del media da pompare, si ha una cavitazione.

La curva della tensione di vapore rappresenta la relazione esistente fra i valori di pressione e temperatura, ai quali in un fluido puro possono coesistere la fase liquida e quella gassosa (vapore).

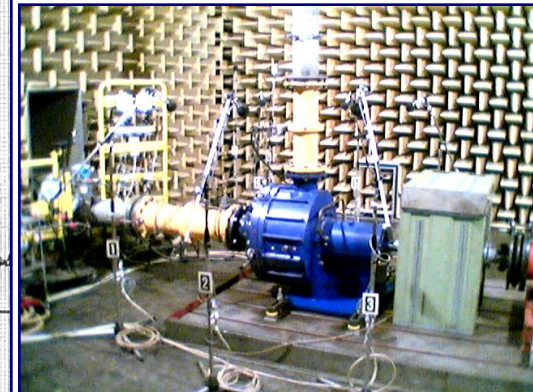
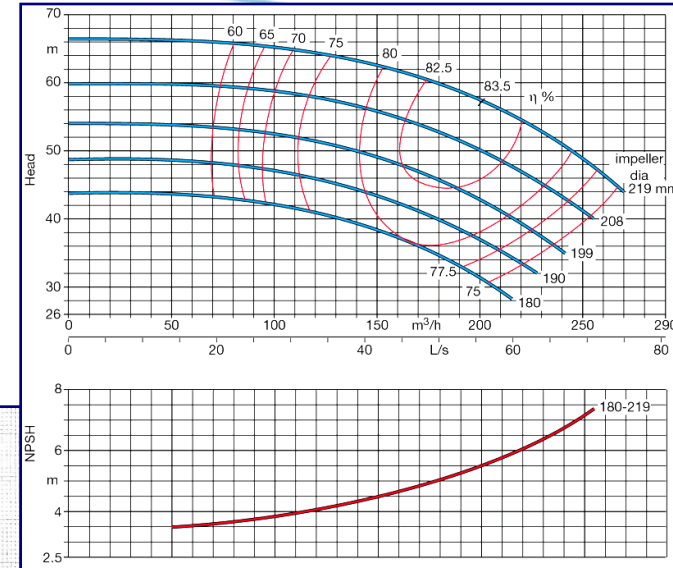
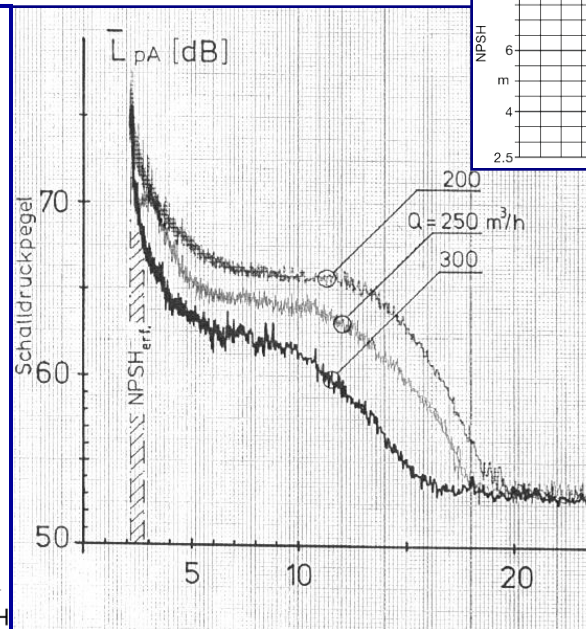
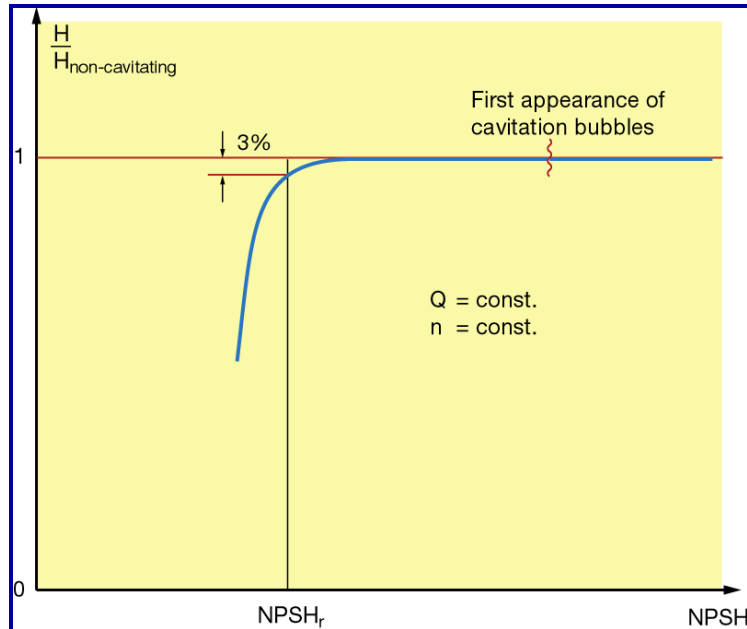


Cavitazione

Rumorosità

Per la verifica delle curve di cavitazione delle pompe spesso si usano anche sistemi sonori, che sono in grado di dare una risposta molto più precisa rispetto ai classici metodi idraulici inseriti nelle norme di riferimento idraulico

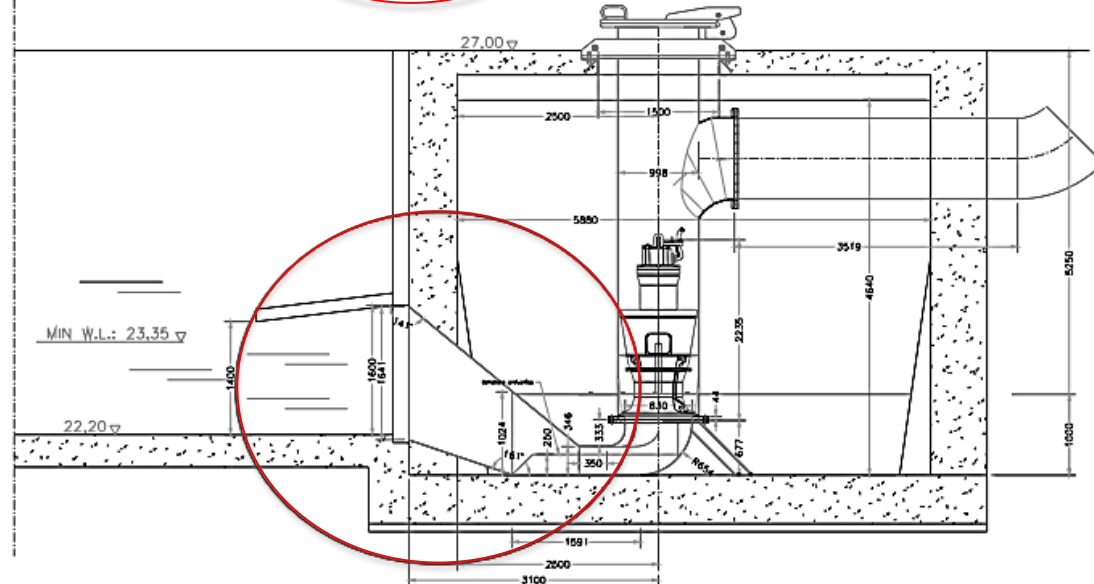
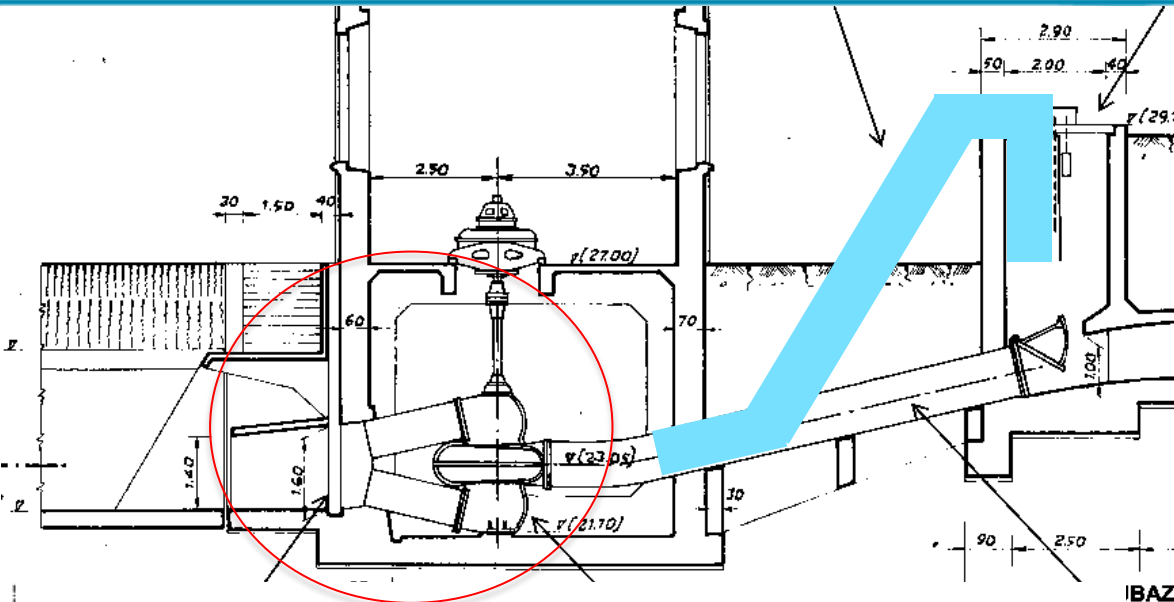
A seconda del rapporto fra Q/Q_{pt} (Q_{pt} punto di lavoro ottimale della pompa), in funzione della curva NPSH della pompa si evidenziano i comportamenti della cavitazione, attraverso la rumorosità della pompa analizzata.



- **Esempi di applicazioni avanzate:**
 - **Applicazione del CFD nella realizzazione di un revamping d'impianto**
 - **Impianti con sistemi automatici per la pulizia della parte aspirante**
 - **Impianti con innesco sifone a quote elevate**

Applicazione pratica dei modelli idraulici CFD

Consorzio Bonifica Emilia Centrale Impianto Caprì



Q= ~2000 l/s
H= 5,49 mca
Potenza 142,6 kW
Motore 200 kW

Impianto Caprì Consorzio Bonifica Emilia Centrale

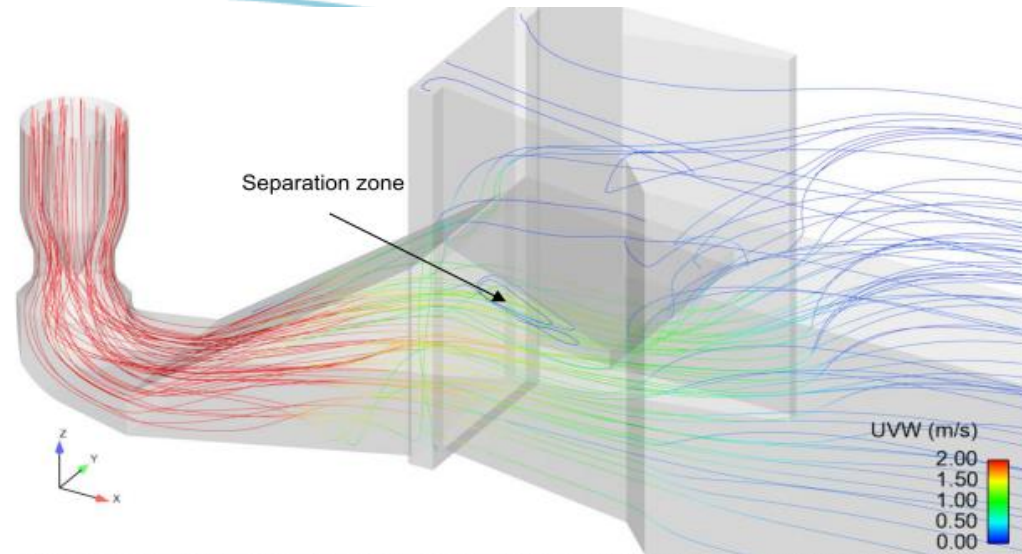
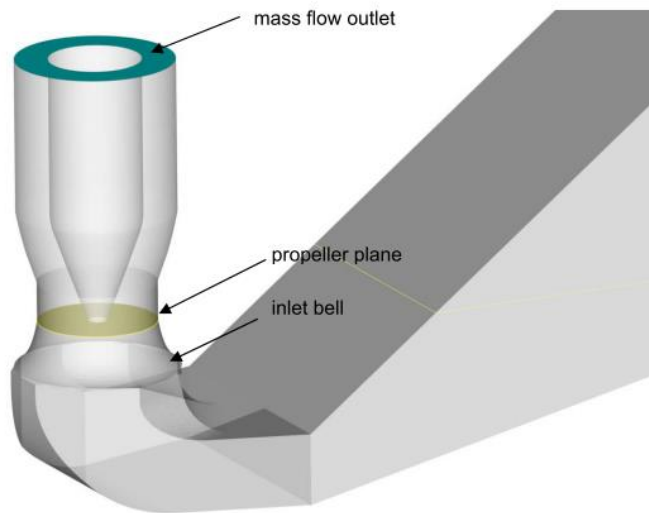
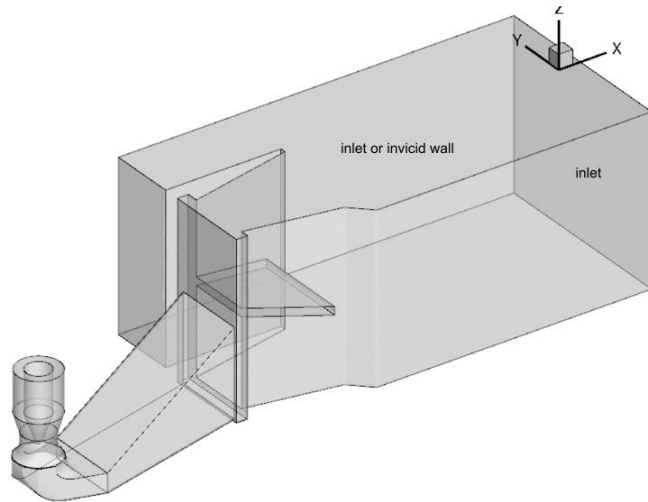


Figure 5. Perspective view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.

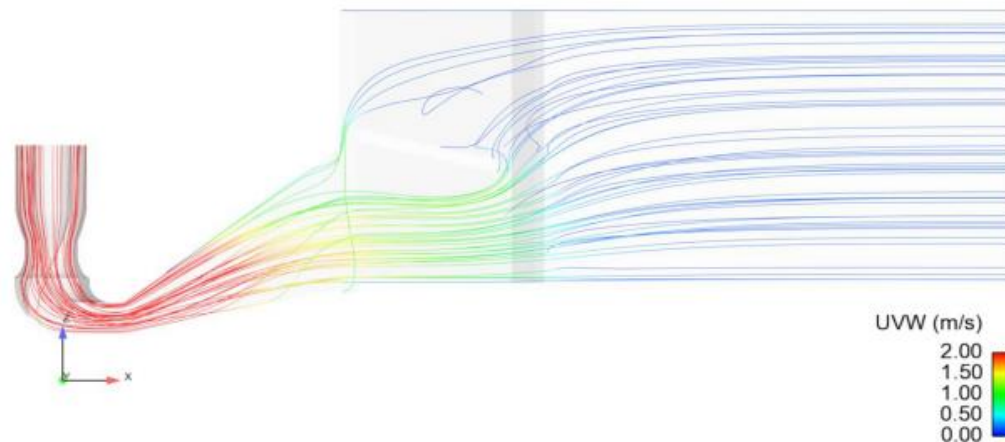


Figure 6. Side view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.

Impianto Caprì Consorzio Bonifica Emilia Centrale

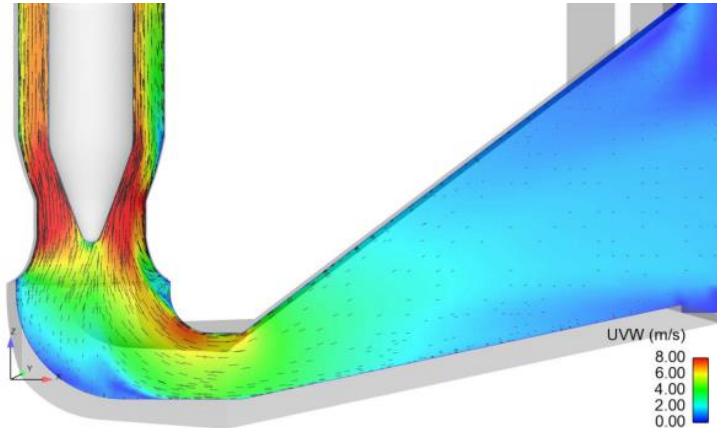


Figure 12. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane through the FSI centerline.

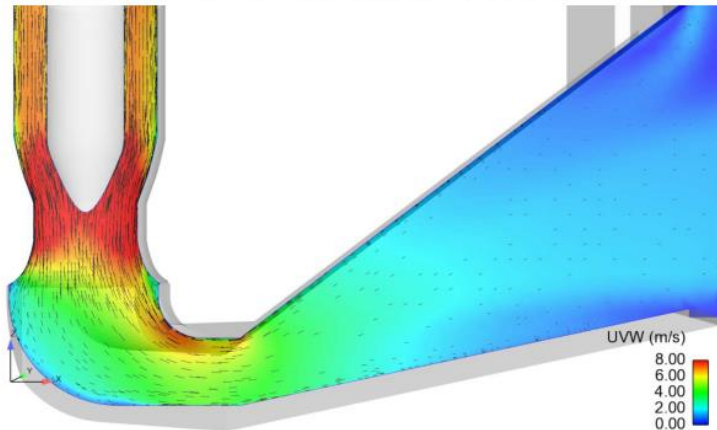


Figure 13. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.1m from the centerline.

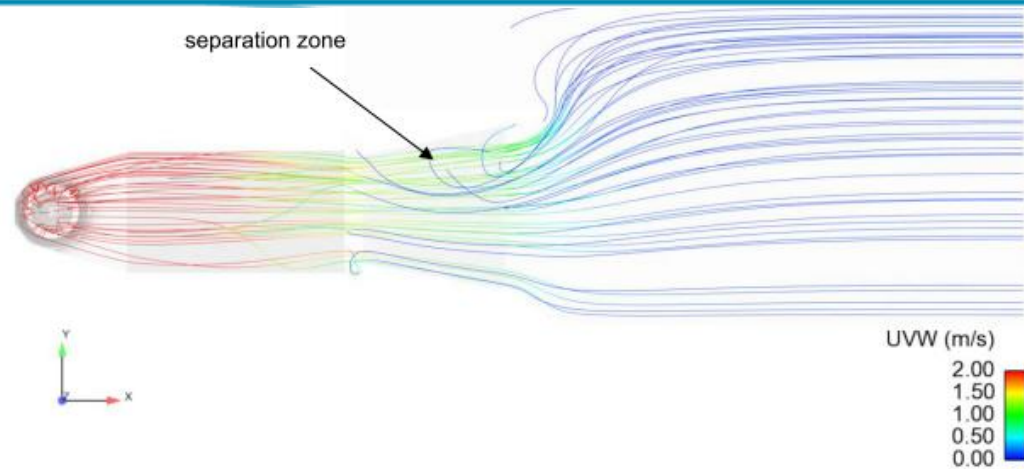


Figure 7. Top view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.

Despite some disturbances caused by the anti-vortex plate, the flow pattern inside the FSI is nearly ideal. The flow accelerates smoothly inside the diffuser and then turns towards the pump inlet assuming vertical direction with very even circumferential distribution, as shown in Figure 8.

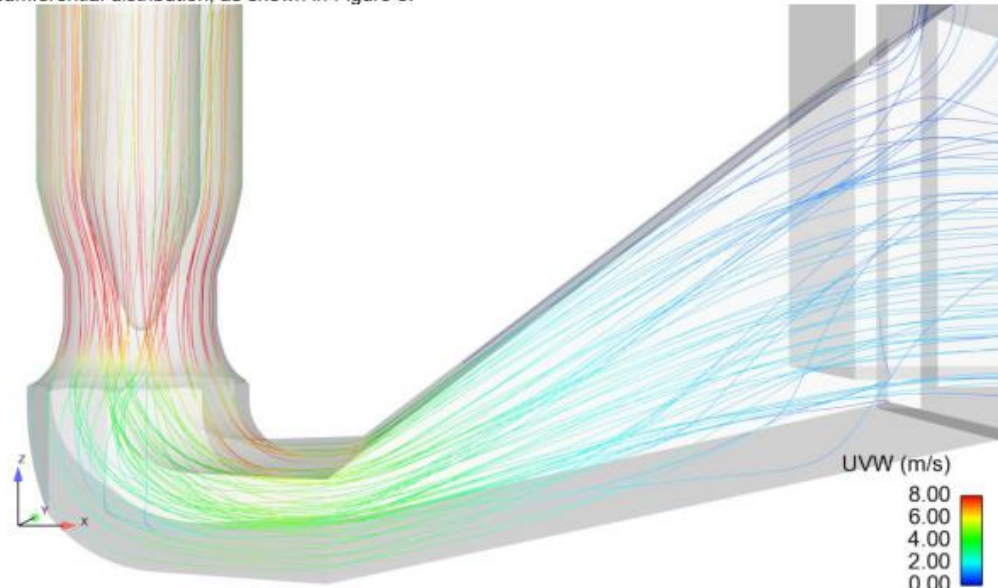


Figure 8. Detailed view of the flow pattern from the side illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 8 m/s or higher.

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale

Normal Water Level, skewed - surface vortices

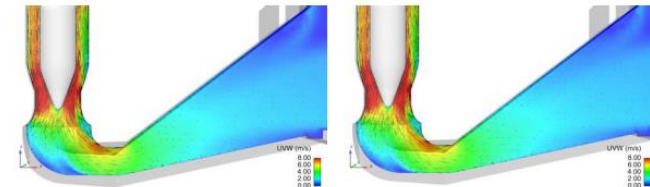
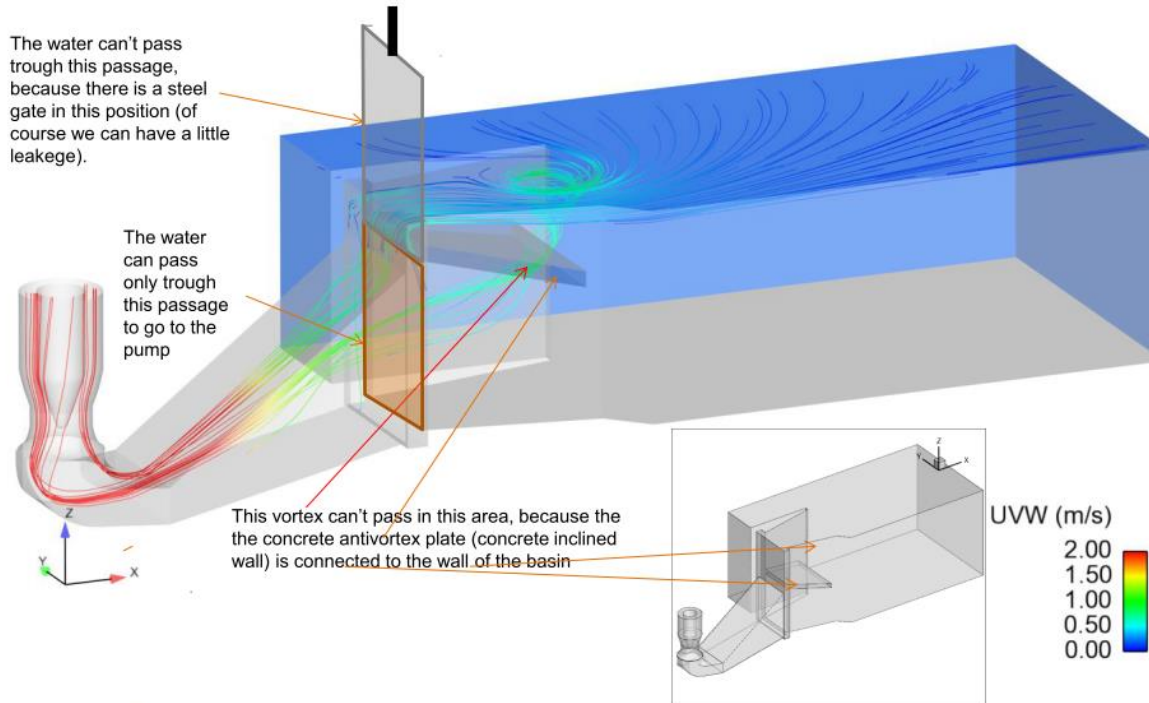


Figure 21. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane through the FSI centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

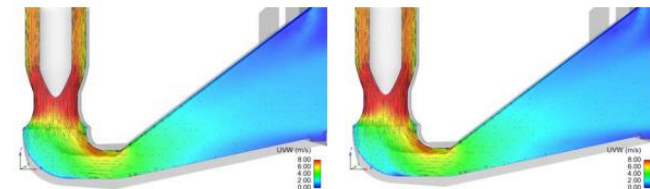


Figure 22. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.1m from the centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

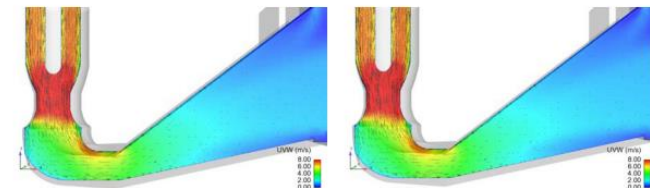


Figure 23. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.2m from the centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

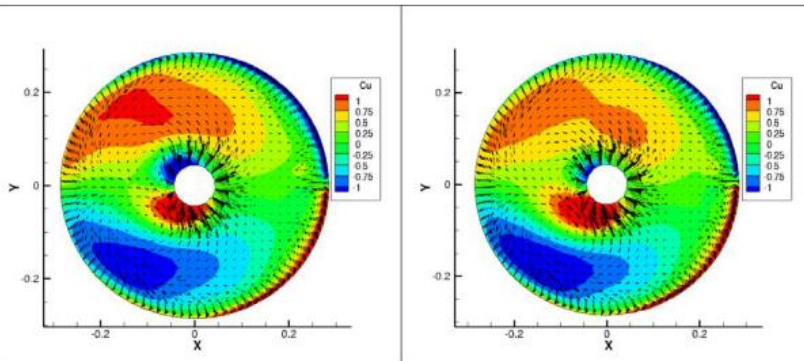
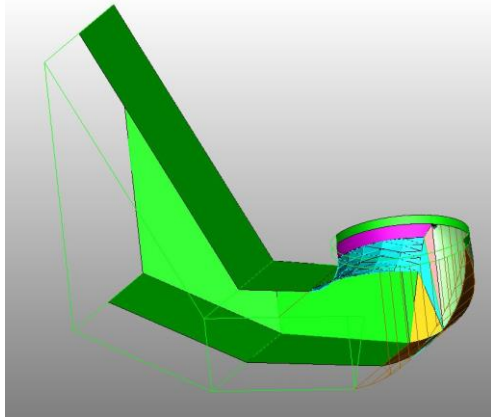
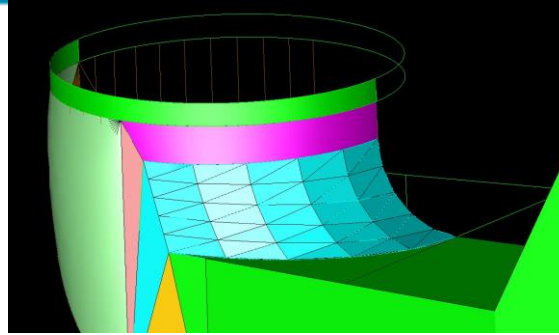
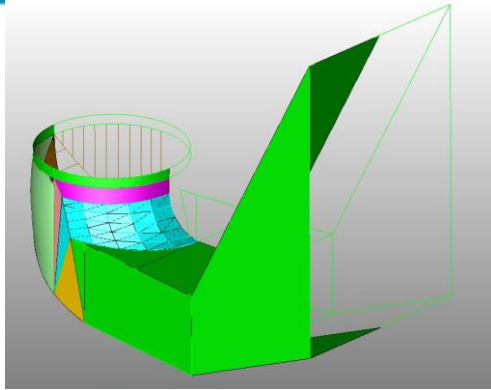


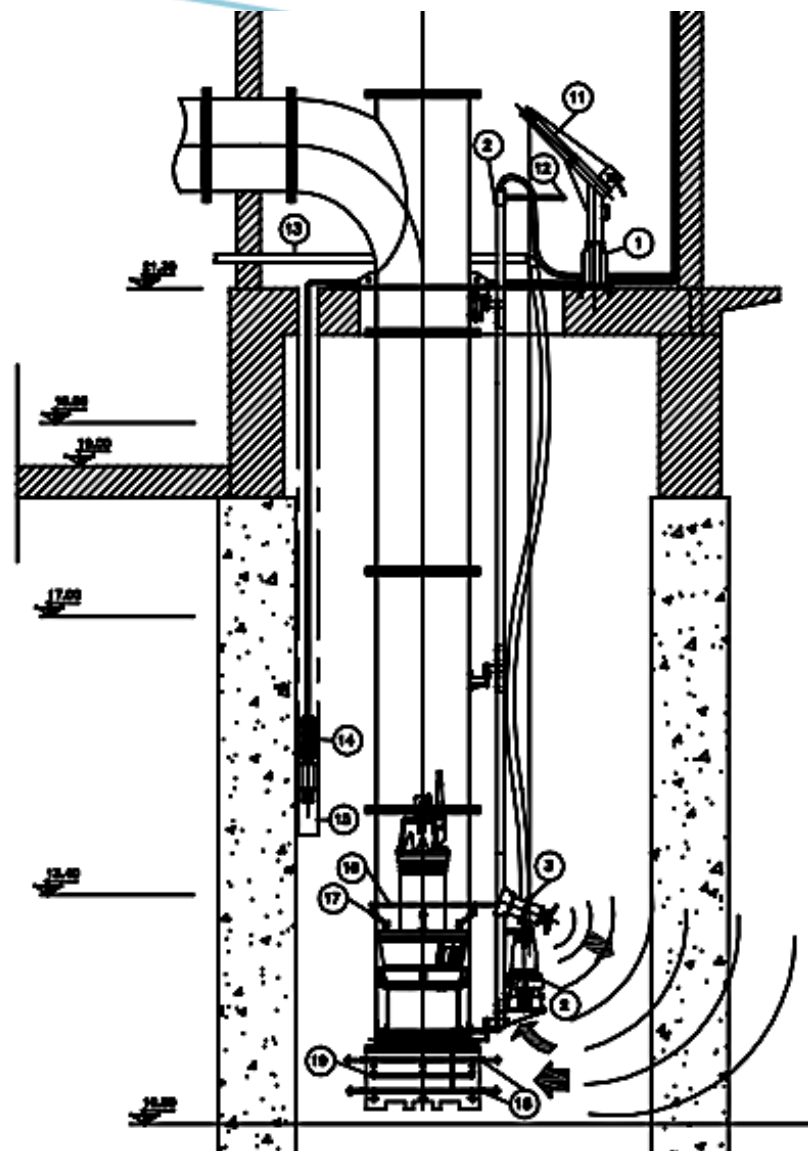
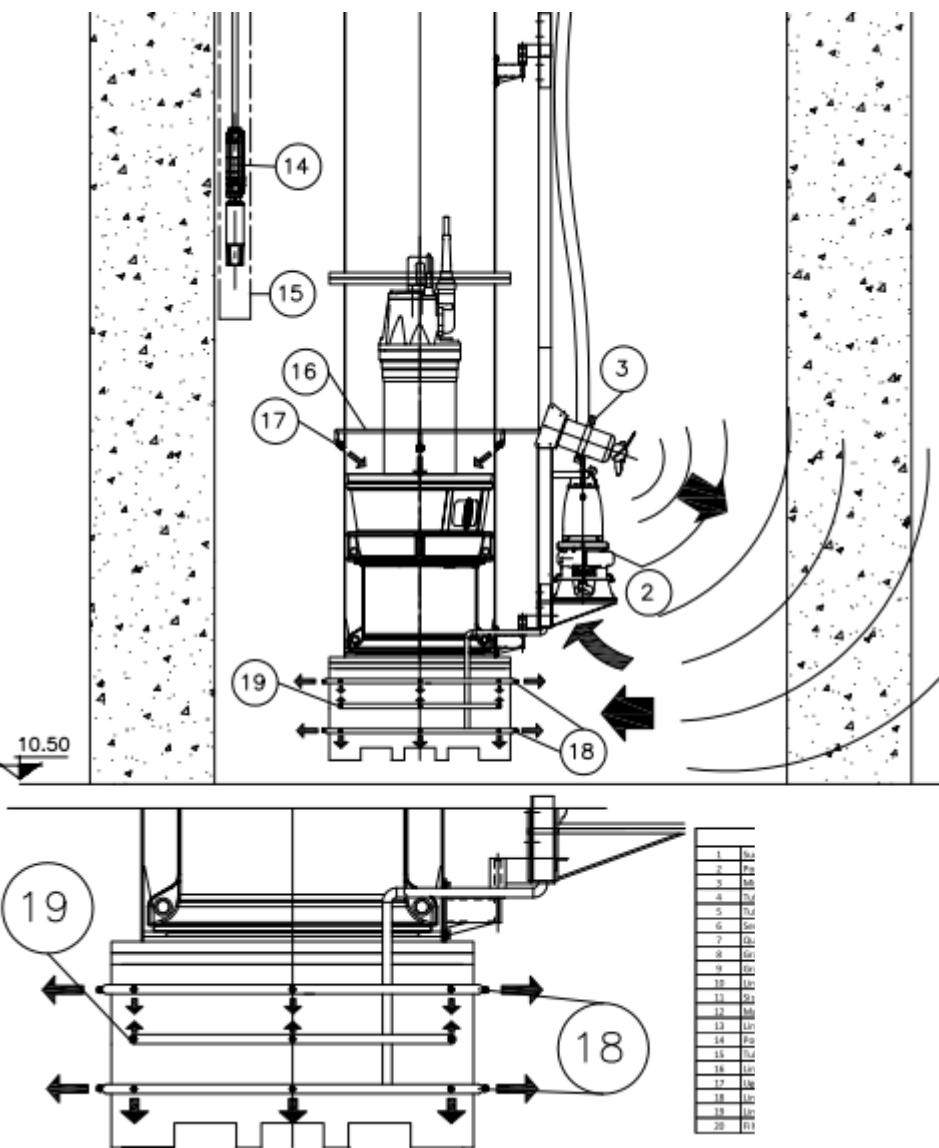
Figure 25. Contours of tangential component of velocity overlaid with projections of velocity vectors at the plane of the propeller inlet eye for Normal Water Level, left plot for the frontal approach and right plot for the skewed approach.

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale



Alessandro Ancona

Impianti con sistemi automatici per la pulizia della parte aspirante



Impianto idrovoro Cantonazzo

Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme

Consorzio ADIGE CANALBIANCO

Impianto: CANTONAZZO

Località: ROVIGO

Caratteristiche tecniche

Portata totale: 5280 l/s

Tipo elettropompa: sommersa ad elica

Modello FLYGT: PL 7101 /835

Quantità 2

Portata unitaria 2460 l/s

Prevalenza 5,3 m

Potenza nominale 190kW

Quote operative:

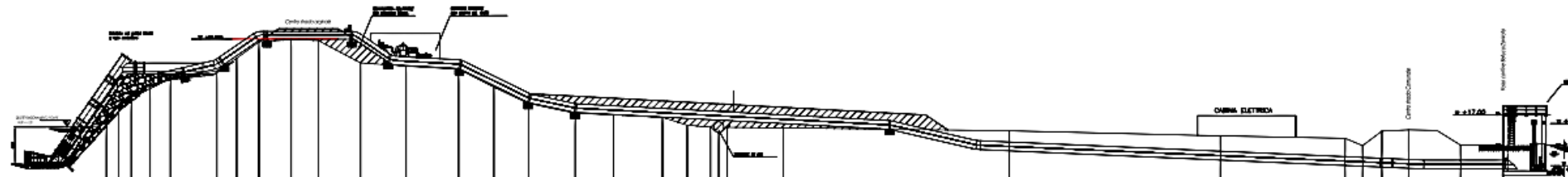
Aspirazione +14,80 / +16,00

Argine +25,00+tubo DN 1000 = +26,00

Innesco geodetico 10 – 11,2 mca



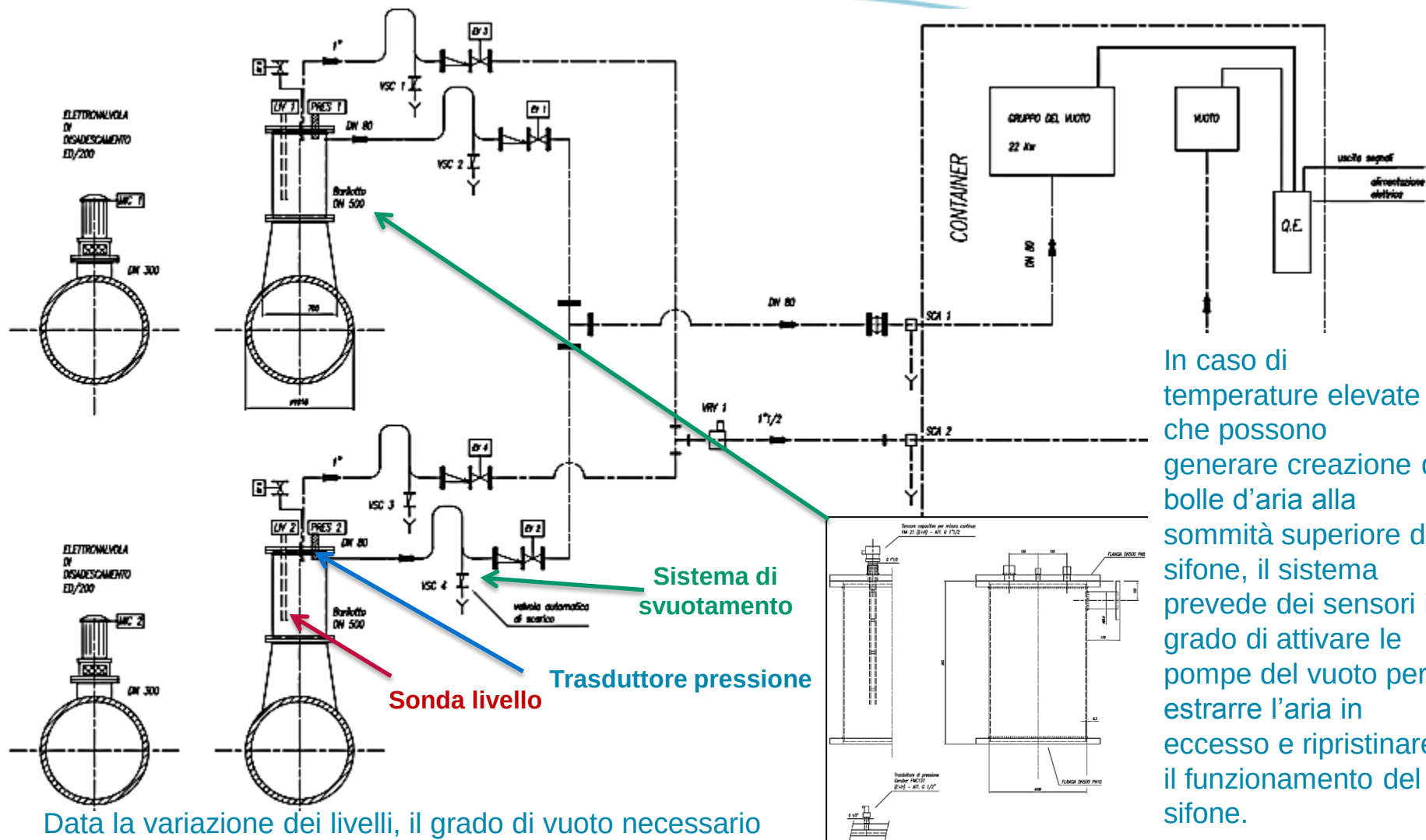
Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme



Una volta raggiunta la quota minima per l'avvio delle macchine le pompe sono avviate.

Impianto idroforo Cantonazzo

Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme



In caso di temperature elevate che possono generare creazione di bolle d'aria alla sommità superiore del sifone, il sistema prevede dei sensori in grado di attivare le pompe del vuoto per estrarre l'aria in eccesso e ripristinare il funzionamento del sifone.

Data la variazione dei livelli, il grado di vuoto necessario sarà ovviamente diverso a seconda dei casi, per cui esiste un sistema automatico di controllo che definisce i livelli di avvio in funzione delle condizioni operative

Alessandro Ancona

Grazie per l'attenzione